

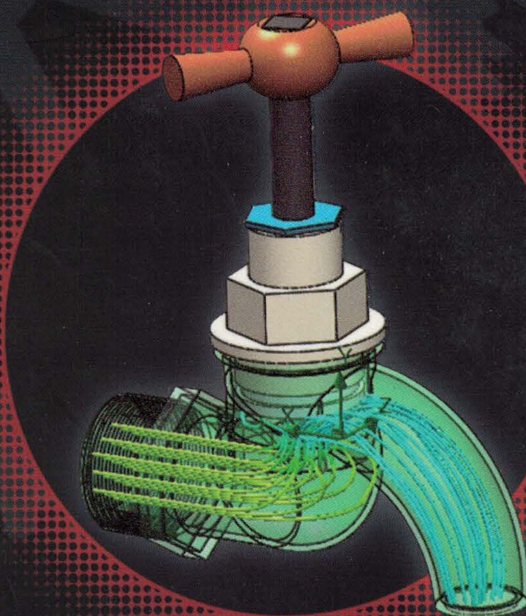
CAD/CAM/CAE工程应用丛书 SolidWorks系列

SolidWorks 2014
高级应用教程

◎ 张忠将 主编

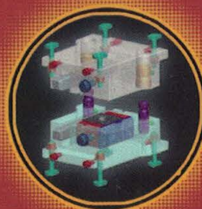
本书核心内容包含

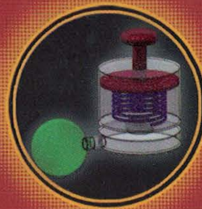
- 配置管理和设计库
- 基于规则的模块化设计
- 钣金设计
- 焊件设计
- 模具设计
- 管道与电气设计
- 模型渲染
- 动画制作
- 动力学及运动模拟分析
- 静力有限元分析
- 其他有限元分析
- 流体分析





附赠超值 DVD 光盘
视频操作+范例素材







机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



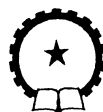
VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 · SolidWorks 系列

SolidWorks 2014 高级应用教程

张忠将　主编



机 械 工 业 出 版 社

本书结合 SolidWorks 的实际应用，深入浅出地介绍了 SolidWorks 2014 的高级功能模块。本书共 12 章，主要内容包括 SolidWorks 的配置管理和设计库、基于规则的模块化设计、钣金设计、焊件设计、模具设计、管道与电气设计、模型渲染、动画制作、动力学及运动模拟分析、静力有限元分析等。

本书每部分都配有典型实例，让读者对该部分的内容有一个实践演练和操作的过程，以加深对书中知识点的掌握。本书光盘中配有案例素材、素材操作结果、习题答案和演示视频等。

本书内容全面、条理清晰、实例丰富，可作为大中专院校的 CAD/CAE 课程教材，也可作为广大工程技术人员和培训机构的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

SolidWorks 2014 高级应用教程 / 张忠将主编．—北京：机械工业出版社 2014.5（2016.1重印）
（CAD/CAM/CAE 工程应用丛书・SolidWorks 系列）
ISBN 978-7-111-46494-5

Ⅰ．①S…　Ⅱ．①张…　Ⅲ．①计算机辅助设计－应用软件－教材
Ⅳ．①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 079573 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：张淑谦
责任编辑：张淑谦
责任印制：乔　宇

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2016 年1 月第 1 版・第2 次印刷
184mm×260mm・18 印张・441 千字
3001－4800 册
标准书号：ISBN 978-7-111-46494-5
　　　　　ISBN 978-7-89405-385-5（光盘）
定价：52.00 元（含 1DVD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

出 版 说 明



随着信息技术在各领域的迅速渗透，CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用，从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式，对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早，使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计，而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发，以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在工程中的应用，不但可以提高设计质量，缩短工程周期，还可以节省大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性，掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧，已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而，仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的，只有将计算机技术和工程实际结合起来，才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑，机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、Creo、UG、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用，以及 AutoCAD 和天正建筑 CAD 软件在建筑和室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖、空调布线图、电路布线图以及建筑总图等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作，配以大量具有代表性的实例，并融入了作者丰富的实践经验，使得本丛书内容具有专业性强、操作性强、指导性强的特点，是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

前　言

SolidWorks 是目前市场上主流的机械设计和制造软件，初学者一开始接触的通常是其三维建模、曲面、装配和工程图等基本功能，实际上， SolidWorks 还包含很多其他高级功能模块，其目的是为了满足不同的设计需求，如使用线路和管道模块可以进行电缆电线和管路等的设计。

SolidWorks 在生产领域拥有全球化程度最高的用户，由于其具有好用、易用和价格实惠等优点，得到越来越多用户的认可，应用面越来越广，国内很多企业都使用该款软件，所以，读者有必要在掌握其基本功能的基础上，进行更多的学习，以物尽其用。

为了让广大读者可以快速全面地掌握这款软件，本书充分结合实际案例操作，对一些 SolidWorks 中不易理解的功能进行了重点分析和讲解。

本书力求实用，着力避免"眼高手低"的情况发生（如"讲座听得懂，看书看得懂，但却不会操作"），因此配有大量的精彩实例和练习，这些实例和练习既操作简单，又很有趣味性和挑战性，能够让读者"寄学习于娱乐"，既可掌握软件功能，还可以应用于实践，能够真正全面地掌握 SolidWorks 的使用方法。

本书共 12 章，其中第 1 章，是配置管理和设计库，介绍了零件的多配置功能（包含设计表），以及设计库的使用等功能；第 2 章主要介绍了模块化设计操作，包括方程式的使用和自上而下的设计方式等内容；第 3 章主要介绍了钣金设计操作，钣金具有特殊的物理特性（厚度相同），所以需要特殊的设计流程；第 4 章介绍了焊件的设计操作，由于焊件多由结构构件组成，且会包含焊缝，所以也是一个独立的功能模块；第 5 章介绍了模具设计操作，模具设计是注塑模具设计和加工的基础；第 6 章介绍了管道与电气设计操作，也就是管件的设计，管件具有粗细、大小相同等特点，所以 SolidWorks 也为其提供了具体的设计功能；第 7 章，是模型渲染模块，为了给客户介绍所设计的产品，通常需要对模型做一些修饰，使用的就是渲染；第 8 章介绍了动画制作操作，动画主要也是起演示作用的；第 9 章，是高级动画，是对模型进行验证和模拟的主要功能模块（可进行路径分析等）；第 10 章，是基础有限元分析模块，就是对模型在受到静力时的受力和位移等的分析；第 11 章讲述了其他有限元分析操作，涵盖面较广，如频率分析、疲劳分析等；第 12 章讲述了流体分析功能，流体分析是对流动物体的分析操作。

本书光盘中带有操作视频、全部素材、范例设计结果和练习题设计结果等内容。利用光盘中的这些素材和多媒体文件，读者可以轻松愉悦地学习 SolidWorks 的各项功能。

本书主要由张忠将编写，参加本书编写的还有张兵兵、李敏、陈方转、计素改、王崧、王靖凯、贾洪亮和张小英。

由于 CAD/CAM/CAE 技术发展迅速，加之编者知识水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请广大专家、读者批评指正或进行设计交流。

编　者

目　录



出版说明
前言
第 1 章　配置管理和设计库……1
1.1　配置……1
1.1.1　新建配置……1
1.1.2　激活配置……2
1.1.3　编辑配置……3
1.1.4　派生配置……3
1.1.5　删除配置……4
实例精讲——“螺母”零件库设计……4
1.2　设计表……6
1.2.1　插入设计表……6
1.2.2　插入外部 Microsoft Excel 文件为设计表……9
1.2.3　编辑设计表……10
1.2.4　保存设计表……10
1.3　关于设计库……10
实例精讲——“填料压盖”零件库设计……11
1.4　本章小结……13
1.5　思考与练习……13
第 2 章　基于规则的模块化设计……15
2.1　链接数值……15
2.2　方程式……16
2.2.1　方程式基础……17
2.2.2　方程式的添加……17
2.2.3　函数……18
实例精讲——使用方程式设计“动态孔”……19
2.3　在装配体环境下进行“Top-Down”关联设计……20
2.3.1　关联特征……20
2.3.2　关联零件……21
2.3.3　布局草图……22
实例精讲——关联设计“定滑轮”……23
2.4　本章小结……26
2.5　思考与练习……26
第 3 章　钣金设计……28
3.1　钣金基础……28
3.1.1　钣金设计方式……28
3.1.2　钣金术语和其意义……29
3.1.3　认识钣金设计树和钣金工具栏……31
3.2　钣金设计……31
3.2.1　基体-法兰/薄片……31
3.2.2　转换到钣金……33
3.2.3　边线法兰……33
3.2.4　斜接法兰……37
3.2.5　褶边……37
3.2.6　转折……38
3.2.7　放样折弯……38
实例精讲——连接杆的钣金设计……40
3.3　钣金编辑……44
3.3.1　绘制的折弯……44
3.3.2　闭合角……44
3.3.3　焊接的边角……45
3.3.4　断开边角/边角剪裁……46
3.3.5　展开与折叠……47
3.3.6　切口与折弯……47
3.3.7　成型工具……48
实例精讲——硬盘架的钣金设计……48
3.4　本章小结……55
3.5　思考与练习……55
第 4 章　焊件设计……58
4.1　焊件概述……58
4.1.1　焊件工具栏……58
4.1.2　焊件特征……59
4.2　结构构件……60

4.2.1 添加结构构件……60
4.2.2 关于结构构件的路径草图……62
4.2.3 边角处理……63
4.2.4 自定义结构构件的轮廓……64
4.2.5 剪裁/延伸结构构件……66
实例精讲——焊接座椅……67
4.3 附加焊件……72
4.3.1 焊缝……72
4.3.2 角撑板……74
4.3.3 顶端盖……75
实例精讲——创建自行车三脚架……76
4.4 其他焊件功能……79
4.4.1 切割清单与焊件工程图……79
4.4.2 焊接表的创建……87
4.4.3 子焊件……87
实例精讲——沙滩车车架焊接件设计……88
4.5 本章小结……94
4.6 思考与练习……94
第 5 章 模具设计……96
5.1 模具设计基础……96
5.1.1 模具设计的简单概念……97
5.1.2 模具设计工具条……99
5.1.3 SolidWorks 中模具设计的基本流程……100
实例精讲——相机盖分模操作……101
5.2 分模前的分析操作……104
5.2.1 拔模分析……104
5.2.2 底切分析……106
5.2.3 分型线分析……107
实例精讲——手柄模具分析……107
5.3 分模前的整理操作……110
5.3.1 分割线……110
5.3.2 拔模……110
5.3.3 移动面……111
5.3.4 比例缩放……112
实例精讲——安全帽分模操作……113
5.4 分模操作……115
5.4.1 分型线……115
5.4.2 关闭曲面……117
5.4.3 分型面……118
5.4.4 切削分割……120
5.4.5 型芯……122
实例精讲——创建手机壳注射模具……123
5.5 本章小结……132
5.6 思考与练习……132
第 6 章 管道与电气设计……135
6.1 管道设计基础……135
6.1.1 “管路”是一个“装配体”……135
6.1.2 Routing 模块的主要工具栏……136
6.2 布线操作……137
6.2.1 插入接头……137
6.2.2 设置线路属性……138
6.2.3 自动布线……139
6.2.4 布线环境下的 4 个状态……140
6.3 线夹和导线……140
6.3.1 使用“线夹”规范线路……141
6.3.2 分割线路……142
6.3.3 定义线路中的导线数……143
6.4 创建符合规定的线路零部件……145
实例精讲——“配电柜”布线操作……147
6.5 管道和软管……151
实例精讲——工业水循环过滤系统管道操作……153
6.6 本章小结……157
6.7 思考与练习……157
第 7 章 模型渲染……159
7.1 渲染工具介绍……159
7.2 主要渲染过程……161
7.2.1 外观……161
7.2.2 贴图……163
7.2.3 灯光……164
7.2.4 渲染……166
实例精讲——渲染“玻璃杯”……167
7.3 其他渲染设置……169
7.3.1 如何添加“布景”……169
7.3.2 如何使用“相机”……170

7.3.3 什么是“走查” 172
实例精讲——给学生宿舍“拍照” ...172
7.4 本章小结 174
7.5 思考与练习 174
第 8 章 动画制作 176
8.1 运动算例操作界面 176
8.2 动画向导 177
8.2.1 旋转零件动画 177
8.2.2 制作爆炸或装配动画 178
8.2.3 保存动画 180
实例精讲——“产品展示”动画模拟 180
8.3 “手动”制作动画 182
8.3.1 调整动画对象的起始方位 182
8.3.2 简单“关键帧”的调整 183
8.3.3 对象的显示、隐藏和颜色变换动画 184
8.3.4 马达的添加和使用 185
实例精讲——“挖掘机”动画模拟 186
8.4 复杂动画制作 188
8.4.1 路径动画 188
8.4.2 相机动画 189
8.4.3 齿轮动画 191
8.4.4 带轮动画 191
8.4.5 “拧螺钉”动画 192
8.4.6 参数关联动画 193
8.4.7 “方程式”动画 194
实例精讲——“滑轮吊物”动画模拟 195
实例精讲——“仿真弹簧”动画模拟 197
8.5 本章小结 198
8.6 思考与练习 198
第 9 章 动力学及运动模拟分析 200
9.1 基本运动和 Motion 200
9.2 动力学对象 201
9.2.1 接触 201
9.2.2 引力 202
9.2.3 弹簧 202
9.2.4 阻尼 203
9.2.5 力 204
实例精讲——“挖土机挖土”动画模拟 204
实例精讲——“自动闭门器”动画模拟 206
9.3 运动模拟分析 209
9.3.1 设置运动算例属性 209
9.3.2 结果和图解 210
9.3.3 基于事件的运动视图 211
9.3.4 动画的有限元分析 211
实例精讲——“汽车刮水器”动画模拟 212
9.4 本章小结 213
9.5 思考与练习 214
第 10 章 静力有限元分析 215
10.1 SolidWorks Simulation 概论 215
10.2 分析流程 217
10.2.1 新建有限元算例 217
10.2.2 设置零件材料 218
10.2.3 固定零部件 219
10.2.4 添加载荷 219
10.2.5 网格划分 220
10.2.6 分析并看懂分析结果 221
实例精讲——“安全阀”有限元分析 222
10.3 分析选项解释 228
10.3.1 装配体中的常用连结关系 228
10.3.2 常用夹具 230
10.3.3 常用外部载荷 231
10.3.4 细分网格 232
10.4 分析结果查看 233
10.4.1 列举分析结果和定义图解 233
10.4.2 观看动画 234
10.4.3 截面剪裁和 ISO 剪裁 234
10.4.4 图表选项 235
10.4.5 设定显示效果 235



10.4.6 单独位置探测 ··························236
10.4.7 设计洞察 ································237
10.4.8 报表的取得和编辑 ···················237
实例精讲——“扭矩限制器”受力分析 ··237
10.5 本章小结 ···242
10.6 思考与练习 ······································242
第 11 章 其他有限元分析 ·····················244
11.1 频率分析 ···244
11.2 屈曲分析 ···245
11.3 热力分析 ···247
11.4 跌落测试分析 ··································248
11.5 疲劳分析 ···249
11.6 非线性分析 ······································251
11.7 线性动力分析 ··································252
11.8 压力容器设计分析 ···························254
11.9 本章小结 ···254
11.10 思考与练习 ····································255
第 12 章 流体分析 ································256
12.1 认识流体分析 ··································256
12.2 流体分析流程 ··································257
12.2.1 “流体分析向导”用于设置总体条件 ·································258
12.2.2 “边界条件”是内流分析的必设项目 ·································260
12.2.3 “目标”是要获得的流体分析值 ·······································262
12.2.4 完成设置后，可以进行“分析” ·····································263
12.2.5 查看分析过程 ·························264
12.3 分析结果查看 ··································265
12.3.1 切面图 ···································265
12.3.2 表面图 ···································265
12.3.3 等值面 ···································266
12.3.4 流动轨迹 ································267
12.3.5 目标值 ···································267
12.3.6 其余值 ···································267
实例精讲——“离心泵”流体分析 ··269
12.4 关于外流分析 ··································273
实例精讲——“香蕉球”的流体分析 ··274
12.5 本章小结 ···276
12.6 思考与练习 ······································276

第 1 章　配置管理和设计库

本章要点

- 配置
- 设计表
- 关于设计库

学习目标

有时，同一个零件会具有不同的变种。如一款产品，可能还会分作 S1、S2 和 S3 等多种型号，不同的型号，其内部零件可能只是稍有不同，仅在局部特征或尺寸上存在差异，这种情况下即可以使用“配置”，以为同一个零件设计多个版本，以减少重复设计的工作量，也方便对零件的某些项目进行统一修改。

1.1　配置

有两种方式为零件设计不同的变种，一种是添加配置的方式，另一种是使用设计表的方式。其中，配置方式是逐项逐次添加零件变种的方式，适合零件变种较少的情况；而使用设计表的方式是一次添加多个变种的方式，适合系列化的零件设计。

本节先来介绍一下“配置”方式添加零件变种的方法。

1.1.1 新建配置

对于零件的配置，以及 1.2 节将要讲到的设计表，都是通过 ConfigurationManager 配置管理器来进行添加的，下面看一个添加配置的操作。

STEP 1 如图 1-1 所示，打开要添加配置的零件后（此处打开了一个 M4×10 的螺杆，要为其添加 M4×18 的螺杆配置），首先切换到 ConfigurationManager 配置管理器。



图 1-1　打开零件切换到 ConfigurationManager 配置管理器操作

STEP 2 右击配置项，选择“添加配置”菜单，打开“添加配置”属性管理器，如图 1-2 所示，输入“配置名称”——M4×18，其他选项保持系统默认设置，单击“确定”按钮，添加一个配置。



图 1-2　添加配置操作

STEP 3 对零件尺寸进行修改，主要将螺杆长度（位于“旋转”特征）由 10 修改为 18，将螺旋线的长度（位于“切除-扫描”特征）由 8 修改为 14，完成添加配置操作（并定义了新配置的尺寸），如图 1-3 所示。

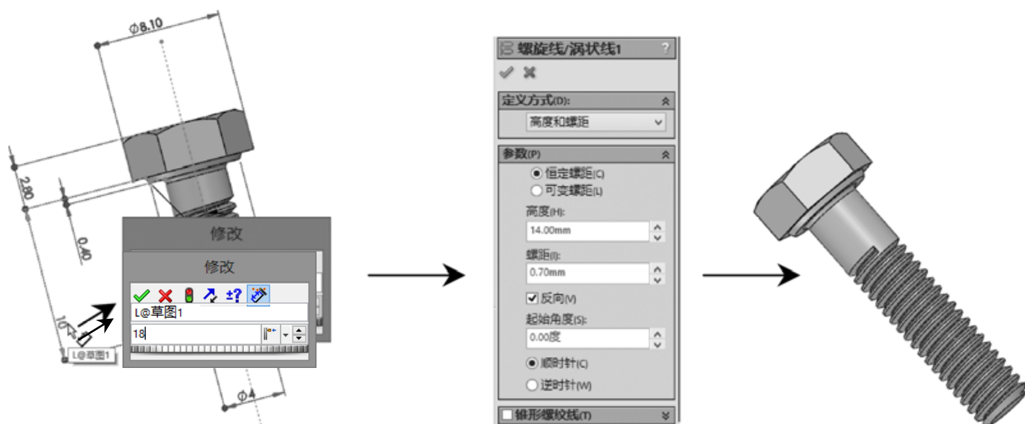


图 1-3　修改新配置下的模型尺寸操作

由上面操作不难看出，在新的配置下，实际上就是保存了新的模型尺寸等参数，从而定义了零件的新的版本（此时激活原有配置，将发现在原有配置中，零件尺寸未发生变化，本文下一节将讲述配置的激活操作）。

1.1.2 激活配置

在 ConfigurationManager 配置管理器中，右击处于“灰度”状态下的配置（当前配置会亮显），选择“显示配置”菜单，即可激活此配置（此时，模型将根据所激活配置中记录的模型尺寸，而重新生成模型），如图 1-4 所示。

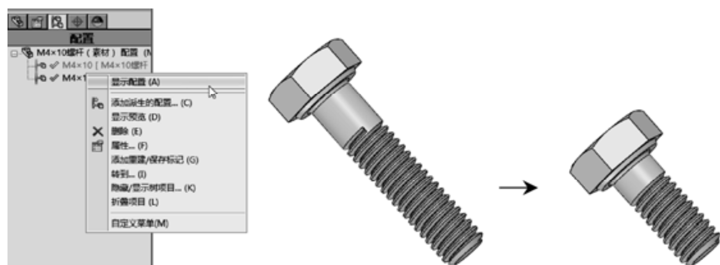


图 1-4 激活配置操作

1.1.3 编辑配置

激活配置后，对草图尺寸的修改和对特征尺寸的修改，以及对特征的压缩和解压缩，都将被记录为新的配置内容，而对特征的删除和添加，则不会被记录为配置内容，而是会对所有配置都产生影响。

此外，右击配置，选择“属性”项，可打开“配置属性”属性管理器，同图 1-2 中所示的“添加配置”属性管理器。

在此属性管理器中，可修改配置名称：如勾选“用于材料明细表”复选框，可设置“备注”中的文字显示在工程图的材料明细表中；“材料明细表选项”卷展栏同样设置配置在材料明细表中的显示。

在“高级选项”卷展栏中，勾选“压缩特征”复选框，可令在一个活动配置中添加的特征，在未激活的配置中默认被压缩；勾选“使用配置指定的颜色”复选框，可以令配置记录颜色设置；勾选“添加重建/保存标记”复选框，可令此配置，在打开模型时，自动加载到缓存中，否则未激活的配置，不被加载。加载到缓存的配置显示为 √，未加载的显示为−。

1.1.4 派生配置

派生配置，即某配置的子配置，它的大多数尺寸与主配置相同，而只是在个别位置上有差异（除了差异位置，对主配置的其余尺寸的修改，将同时反映在子配置中）。

右击某配置，选择“添加派生的配置”菜单，打开“添加配置”属性管理器，设置派生配置的名称，单击“确定”按钮，然后对派生配置的某些特定的尺寸进行单独修改（短丝中丝的长度为 10mm），即可完成派生配置的创建，如图 1-5 所示。



图 1-5 添加派生配置操作

1.1.5 删除配置

在 ConfigurationManager 配置管理器中，右击处于非活动状态的配置，选择“删除”菜单，即可将此配置项删除。

实例精讲——“螺母”零件库设计

本实例将为一螺母添加一系列的配置，以将其定义为一个“螺母”零件库文件（关于 SolidWorks 的“设计库”，将在 1.3 节讲述，此处暂且以此称呼，实际上，就是一个多配置的螺母零件文件）。

【制作分析】

本实例操作较为简单，通过右击，不断为零件添加多个配置，并修改相关尺寸即可，如图 1-6 所示。

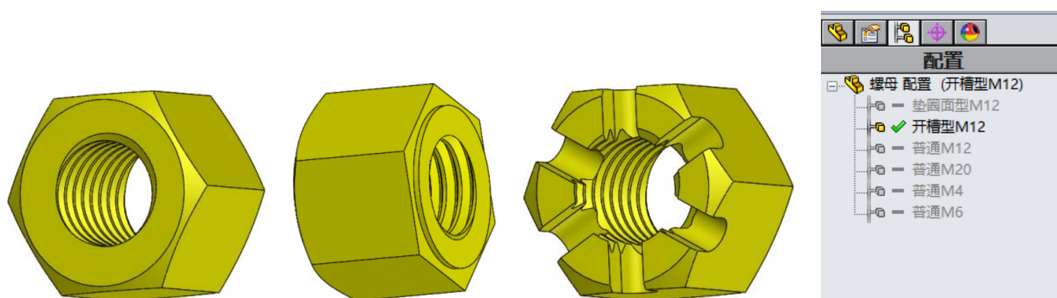


图 1-6　螺母“零件库”的设计操作

在本实例具体操作时，可参照图 1-7 和表 1-1 进行螺母零件的设计（将设计全部 4 种尺寸的普通螺母和规格为 12 的垫圈面型螺母，以及规格为 12 的开槽型螺母）。

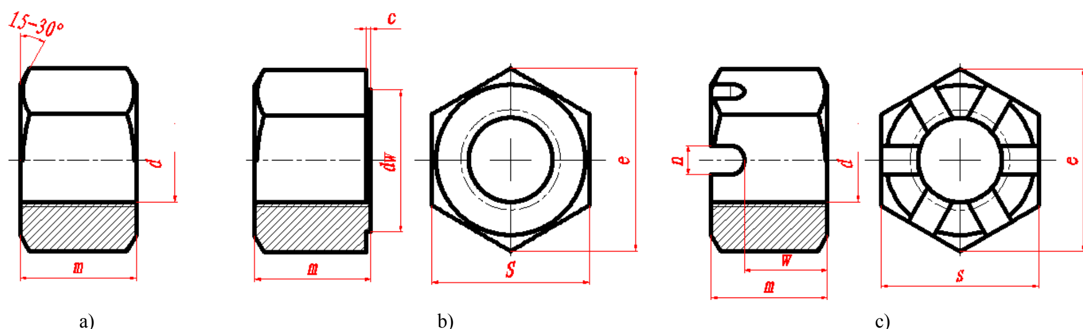


图 1-7　六角螺母示意图

a) 普通螺母　b) 垫圈面型螺母　c) 开槽型螺母



表 1-1　六角螺母尺寸参考表

d（螺母规格）	4	6	12	20
p（螺距）	0.7	1	1.75	2.5
m	5	5	14	22
e	1.1	11.5	21.9	34.6
s	7	10	18	30
c（垫圈面型）	0.4	0.5	0.6	0.8
dw（垫圈面型）	6	9	17	28
n（开槽型）	1.5	2	3.5	5
w（开槽型）	3	5	10	16

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“螺母（素材）.SLDPRT”，切换到 ConfigurationManager 配置管理器，然后右击配置项，选择“添加配置”菜单，添加一名称为“普通 M6”的新配置，如图 1-8 所示。

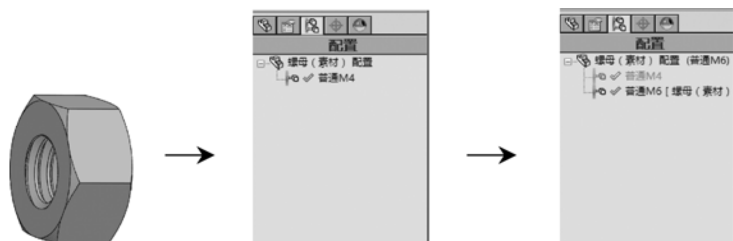


图 1-8　打开素材文件并添加“普通 M6”配置操作

STEP 2 通过修改零件尺寸，令新配置内螺母的内径为 6（修改“草图 5”），零件的螺距为 1（修改“螺旋线/涡状线 1”），螺母内接正六边形对角点的距离为 11.5（修改“草图 1”），两个平行边的长度为 10（修改“草图 2”），完成新配置内参数的修改，如图 1-9 所示。

STEP 3 通过相同操作，添加另外两个普通螺母配置，并根据表 1-1 修改相关尺寸，令其符合规定，如图 1-10 所示。



图 1-9　修改相关尺寸完成“普通 M6”配置操作

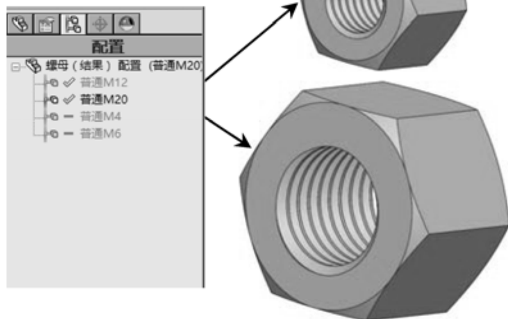


图 1-10　添加其余普通螺母配置操作



STEP 4 激活“普通 M12”配置，然后添加“垫圈面型 M12”配置，再在此配置中，压缩“镜像 1”特征，并解压缩“拉伸 2”特征，再根据表 1-1 修改相关尺寸，完成“垫圈面型 M12”螺母配置的添加，如图 1-11 所示。

STEP 5 激活“普通 M12”配置，然后添加“开槽型 M12”配置，再在此配置中，解压缩“拉伸 3”和“阵列(圆周)1”特征，再根据表 1-1 修改相关尺寸，完成“开槽型 M12” 螺母配置的添加，如图 1-12 所示。

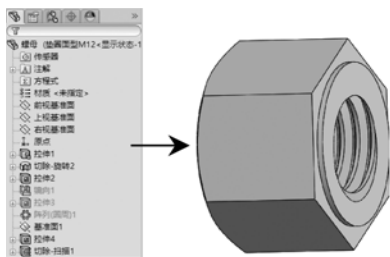


图 1-11　添加“垫圈面型 M12”配置操作

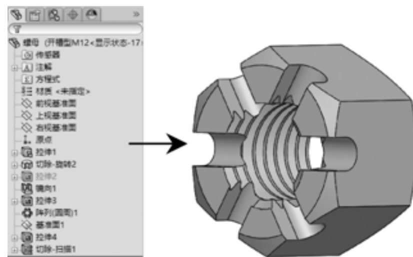


图 1-12　添加“开槽型 M12”配置操作



提示

本实例提前添加了多个特征，并执行了对应的压缩等操作，用户不妨思考一下，如从头开始创建，应如何完成本“螺母”零件库的创建（可参考 1.1.3 节中的讲述）。

1.2　设计表

设计表，即通过表格的方式来描述配置。当配置很多时，如每个配置都通过单独添加来实现，费时又容易出错，为此系统提供了设计表，以 Excel 表格的方式来描述和添加配置，本节讲述相关操作。

1.2.1 插入设计表

用设计表来表达装配的操作并不复杂，只是在设计之前，最好按需要重命名需要在配置中设置的尺寸名称，以方便在设计表中可以分辨出每个尺寸的位置，设计表完成后，可以在一次生成多个表格，下面看一个插入设计表的操作。

STEP 1 打开本文提供的素材文件“轴承壳.SLDPRT”，右击模型树中的“注解”项，选择“显示特征尺寸”菜单项，将模型尺寸显示出来，如图 1-13 所示。



图 1-13　打开素材文件并“显示特征尺寸”操作

STEP 2 双击显示出来的部分特征尺寸，修改其名称为图 1-14 所示的文字，完成操作后，再次右击“注解”项，选择“显示特征尺寸”菜单项，将显示出来的“特征尺寸”隐藏，如图 1-15 所示。

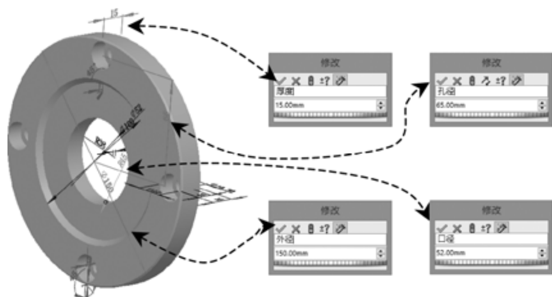


图 1-14　重命名尺寸名称操作

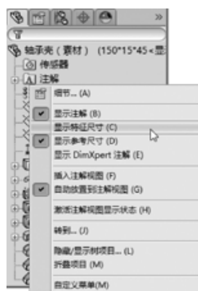


图 1-15　取消“显示特征尺寸”操作

STEP 3 完成上述操作后，选择“插入”>“表格”>“设计表”菜单，打开“系列零件设计表”属性管理器，选中“自动生成”单选按钮（表示自动生成设计表），单击“确定”按钮继续，如图 1-16 所示。



图 1-16　插入设计表操作



在图 1-16 右图所示的管理器中，“空白”选项指的是空白的表格，“来自文件”是使用文件生成表格，其余选项意义不大，通常保持系统默认设置即可。

STEP 4 系统打开“尺寸”对话框（如在图 1-16 右图所示界面中选择“空白”单选按钮，则不会出现此对话框），选中上面重命名的能找到的尺寸，单击“确定”按钮，打开“系列零件设计表”，如图 1-17 所示。



图 1-17　选择设计表中要设置的尺寸操作



“系列零件设计表”中，首行为“表格名称”，可默认或根据需要设置，第 2 行是要设置的尺寸名（或特征名等），第 3 行（及以下行）是配置名称和尺寸值，以及特征属性等（包括是否隐藏、颜色等）。

STEP 5 双击“旋转 1”特征，将其添加到表格（包括状态），如图 1-18 所示。



图 1-18　选择要设置的特征操作

STEP 6 再接着双击上面操作中未添加的需要在表格中进行设置的尺寸项——“孔径”，将其添加到表格中，如图 1-19 所示。

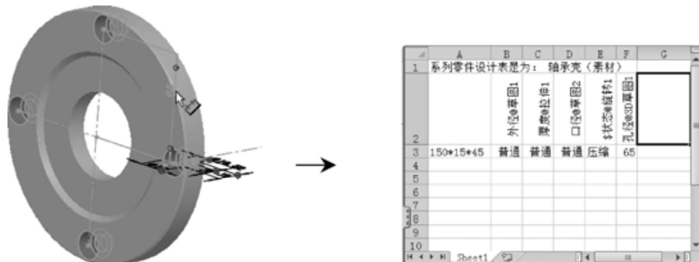


图 1-19　选择未加入的尺寸操作

STEP 7 选中第 3 行除第 1 列外的数据，右击选中的数据，选择“设置单元格格式”菜单，打开“设置单元格格式”对话框，如图 1-20 左图所示，设置其格式为“数值”，如图 1-20 右图所示（下面要设置的其余数据区数据也需要设置为“数值”）。



图 1-20　设置表格数值区为“数值类型”操作

STEP 8 按图 1-21 左图所示数值输入数据，以添加新的配置，然后在操作区任意位置（非表格区）单击，退出表格，并打开图 1-21 右图所示对话框，单击“确定”按钮，即可使用表

格添加新的配置。



图 1-21 输入表格数据和确认插入配置操作

STEP 9 图 1-22 所示为新添加的配置，激活不同的配置项可查看效果。



图 1-22 插入的设计表和生成的配置

1.2.2 插入外部 Microsoft Excel 文件为设计表

可以首先在外部使用 Excel 编辑好要添加的配置（规则同系统自动生成的“设计表”），尺寸名称和特征名称（@前为尺寸名称，@后为特征名称）要与零件完全一致，然后选择“插入”>“表格”>“设计表”菜单，打开“系列零件设计”属性管理器，然后选中“来自文件”单选按钮，再选择编辑好的 Excel 文件，单击“确定”按钮，即可使用外部表格生成配置，如图 1-23 所示“螺塞”零件的使用外部表格生成配置的操作。

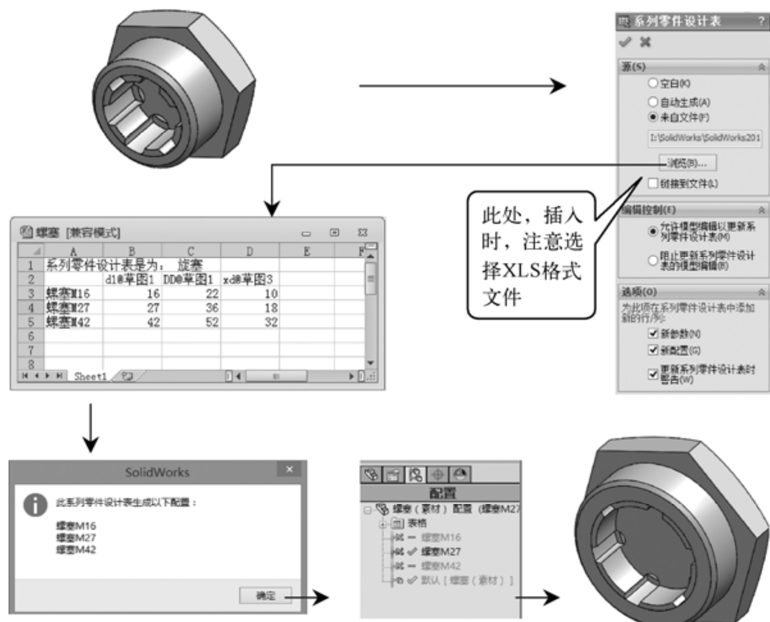


图 1-23 通过外部 Microsoft Excel 文件为零件添加配置操作

此处素材文件为相应目录下的“螺塞（素材）.SLDPRT”文件。

1.2.3 编辑设计表

在 ConfigurationManager 配置管理器中，右击插入的“系列零件设计表”选择“编辑表格”菜单，可重新打开设计表，并对表格进行编辑。如添加新的配置，或设置新的要加入到配置中的尺寸（或特征）等。

在重新打开设计表的过程中，系统将打开“添加行和列”对话框，通过此对话框可选择要设置在表格中的新的尺寸（选中处于“参数”列表栏中的项目），或设置要添加到“设计表”中的配置（位于“配置”列表栏中，此配置可通过“新建配置”操作创建），如图 1-24 所示。

1.2.4 保存设计表

在 ConfigurationManager 配置管理器中，右击插入的“系列零件设计表”选择“保存表格”菜单，可将设计表保存为 Microsoft Excel 文件，以在外部保存模型的配置，如图 1-25 所示（保存的 Excel 文件，可用于重新导入零件配置）。

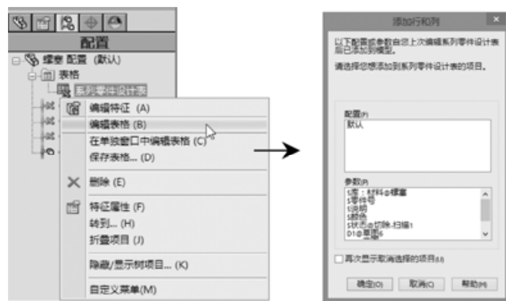


图 1-24　编辑设计表操作



图 1-25　保存设计表操作

1.3　关于设计库

除了自定义零件的多个配置，以节省设计时间外，实际上，SolidWorks 默认也提供了庞大的包括多种标准的基础零件库。要使用这种零件库，可选择“工具”>“插件”菜单，打开“插件”对话框，然后选中 SolidWorks Toolbox 和 SolidWorks Toolbox Browser 这两项，启用这两个插件，如图 1-26 左图所示。



“SolidWorks Toolbox”插件用于装载钢梁计算器和轴承计算器，以及生成凸轮、凹槽和结构钢等（其工具位于“Toolbox”菜单中）；“SolidWorks Toolbox Browser”插件用于装入 Toolbox 设计库，以及 Toolbox 配置工具。

Toolbox 零件库位于右侧的“设计库”中，启用相关插件后，单击右侧“设计库”标签按

钮，打开“设计库”并在“Toolbox”项下找到需要添加的零件，然后将其拖动到操作区中，即可在装配体中加载此零件（在“零件”文件中拖入 Toolbox 中的零件，将生成派生零件），如图 1-26 右图所示。



图 1-26　打开 Toolbox 插件并添加“螺栓”操作

知识库

也可将自定义的零件添加到零件库中，此时只需右击零件模型树根目录，选择“添加到库”菜单，即可选择路径，将模型添加为库文件（不可添加到 Toolbox，只可将其添加到通过单击“添加文件位置”按钮所添加的目录中）。

实例精讲——“填料压盖”零件库设计

本实例将为一“填料压盖”零件，使用“设计表”为其添加一系列的配置，以将其定义为一个“填料压盖”零件库文件，如图 1-27 所示。

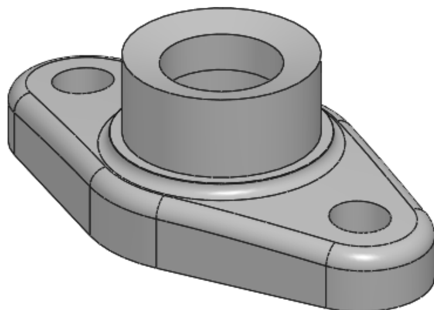


图 1-27　添加的配置和某个模型效果

【制作分析】

本实例操作较为简单，首先修改相关尺寸名称，然后插入设计表，并编辑表内容即可（实际上，主要就是表格的编辑），下面看一下相关操作。

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“填料压盖.SLDPRT”，如图 1-27 右图所示，然后编辑“草图 1”，并将此草图中的相关尺寸设置新的名称，如图 1-28 所示（右侧图形，只是表明了要设置的尺寸名称，在实际操作时，尺寸大小不变）。

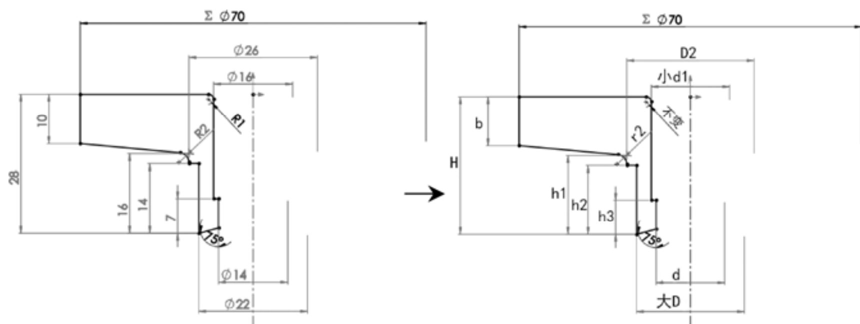


图 1-28　重命名“草图 1”的尺寸名称

STEP 2 打开“草图 2”，也将此草图中的相关尺寸设置新的名称，如图 1-29 所示（右侧图形，同样只是表明了要设置的尺寸名称，在实际操作时，尺寸大小不变，为什么要如此命名可参照“填料压盖”的设计标准）。

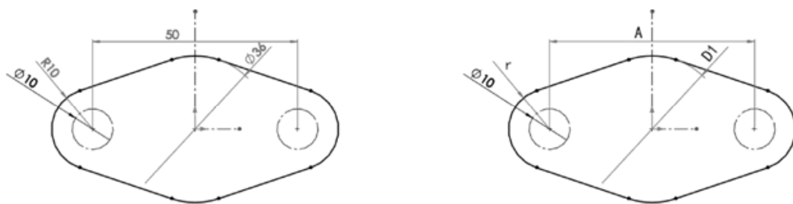


图 1-29　重命名“草图 2”的尺寸名称

STEP 3 退出草图，右击“圆角 2”的半径尺寸值，在打开的“尺寸”属性管理器中，设置其尺寸名称为 r1，如图 1-30 所示。

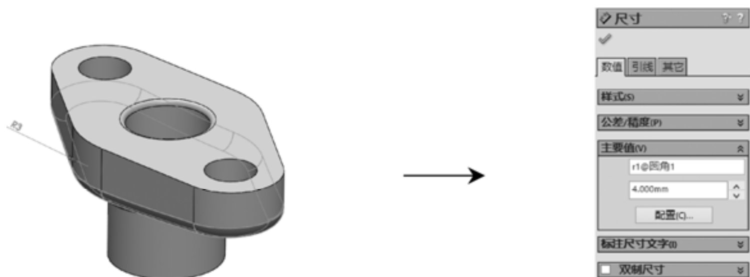


图 1-30　设置“圆角”半径的尺寸名称

STEP 4 选择“插入”>“表格”>“设计表”菜单，打开“系列零件设计表”属性管理器，选中“自动生成”单选按钮，单击“确定”按钮，再在打开的“尺寸”对话框中选中上面命名过的零件尺寸，并单击“确定”按钮，如图 1-31 所示。



图 1-31 插入“系列零件设计表”操作

STEP 5 系统打开 Excel 格式的“系列零件设计表”，按图 1-32 所示填写表格数据，然后单击表格外任意一点，退出表格的编辑，并在打开的对话框中单击“确定”按钮，即可完成多个配置的创建，效果如图 1-32 所示（可激活不同配置，参看效果）。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	系列零件设计表是为：填料压盖（OK）																
2		h3@草图1	h2@草图1	h1@草图1	b@草图1	H@草图1	D2@草图1	d@草图1	大D@草图1	r2@草图1	D1@草图2	A@草图2	r@草图2	r1@圆角1	小d1@草图1		
3	14	7.00	14.00	16.00	10.00	28.00	26.00	14.00	22.00	2.00	36.00	50.00	10.00	3.00	16.00		
4	16	7.00	14.00	16.00	10.00	28.00	30.00	16.00	26.00	2.00	40.00	55.00	10.00	3.00	18.00		
5	18	8.00	14.00	16.00	10.00	28.00	32.00	18.00	28.00	2.00	42.00	60.00	12.00	3.00	20.00		
6	20	8.00	14.00	16.00	10.00	28.00	36.00	20.00	32.00	2.00	46.00	65.00	12.00	3.00	22.00		
7	24	10.00	16.00	18.00	12.00	32.00	40.00	24.00	36.00	2.00	52.00	75.00	14.00	3.00	26.00		
8	26	10.00	16.00	18.00	12.00	34.00	46.00	26.00	42.00	2.00	58.00	80.00	14.00	3.00	28.00		
9	28	10.00	18.00	20.00	12.00	34.00	48.00	28.00	44.00	2.00	60.00	85.00	14.00	3.00	30.00		
10	32	10.00	20.00	22.00	14.00	38.00	52.00	32.00	48.00	2.00	64.00	90.00	18.00	4.00	34.00		
11																	
12																	
13																	
14																	

Sheet1

图 1-32 编辑“系列零件设计表”操作

1.4 本章小结

本章主要介绍了零件的配置和设计表的使用，这两种方式都是将具有相同（或相似）特征不同尺寸的多个零件，使用配置将它们设计为一个零件的方法。使用这两种方式可减少零件数目，利于零件管理。对于系列化的产品设计，应用起来非常方便。

1.5 思考与练习

一、填空题

（1）零件的配置，或设计表，都是通过____________________配置管理器来进行添加的。

（2）右击处于“灰度”状态下的配置（当前配置会亮显），选择__________菜单，即可激活此配置。

（3）激活配置后，对__________的修改，和对__________的修改，对特征的__________

和___________，都将被记录为新的配置内容，而对特征的___________和___________，则不会被记录为配置内容。

（4）_______配置，是某配置的子配置，它的大多数尺寸与主配置相同，而只是在个别位置上有差异。

（5）___________就是通过表格的方式来描述配置。

二、问答题

（1）简述设计表的结构。

（2）如何使用设计库插入“轴承”零件？试简述其操作。

（3）如何将“配置”加入“设计表”？

三、操作题

使用本章所学的知识，按照图 1-33 左图所示，创建本书提供的素材文件“练习（素材）.sldprt”的多个配置，其效果如图 1-33 右图所示。



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	系列零件设计表是为：[illegible]							
2		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	Default	2.00	5.00	6.00	0.50	1.00	1.00	1.00
4	1	1.00	3.00	6.00	0.50	1.00	1.00	1.00
5	2	2.00	5.00	6.00	0.50	1.00	1.00	1.00
6	3	3.00	6.00	8.00	0.50	1.00	1.00	1.00
7	4	4.00	7.00	8.00	0.50	1.00	1.00	1.00
8	5	5.00	8.00	8.00	0.50	1.00	1.00	1.00
9	6	6.00	12.00	10.00	0.50	1.50	1.25	1.25
10	7	7.00	12.00	10.00	0.50	1.50	1.25	1.25
11	8	8.00	12.00	10.00	0.50	1.50	1.25	1.25
12	9	9.00	15.00	12.00	0.50	2.00	1.50	1.50
13	10	10.00	15.00	12.00	0.50	2.00	1.50	1.50
14	11	11.00	18.00	12.00	0.50	2.00	1.50	1.50
15	12	12.00	18.00	12.00	0.50	2.00	1.50	1.50

图 1-33　零件的设计表、所添加的配置和模型效果

第 2 章　基于规则的模块化设计

本章要点

- 链接数值
- 方程式
- 在装配体环境下进行“Top-Down”关联设计

学习目标

本章讲述使用方程式设计模型，以及在装配体环境下进行“Top-Down”关联设计模型的方法。使用方程式设计模型可以令模型的尺寸间相互关联，从而令模型的修改变得更加智能（链接数值是方程式的一个简单表达方式），“Top-Down”关联设计可以令零件间相互关联，利于同时修改，且避免出错。

2.1　链接数值

所谓“链接数值”就是将模型中的两个或几个尺寸都与同一个变量相关联，令这两个或几个尺寸的数值相等，从而建立这几个尺寸之间的链接关系，这样当更改其中一个尺寸的值时，与此变量相关联的尺寸也将同时更改。

操作时，首先右击模型树左侧“注解”项，选择“显示特征尺寸”菜单，将所有特征尺寸显示出来；然后右击要设置“链接数值”的尺寸，选择“链接数值”菜单，打开“共享数值”对话框，命名一个共享数值（可根据需要随意命名），单击“确定”按钮；然后通过相同操作，为其余要设置链接的尺寸，设置到此共享数值的链接即可，如图 2-1 所示。

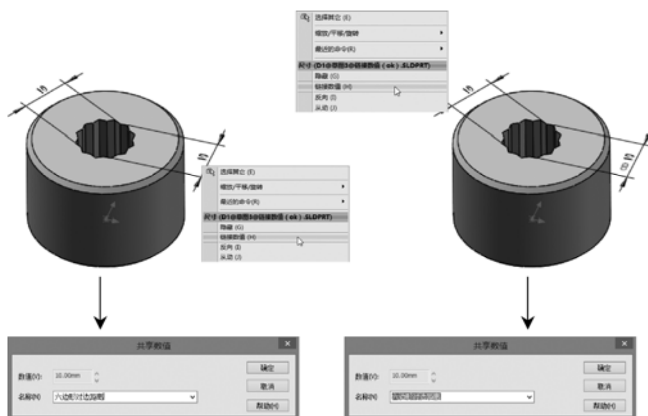


图 2-1　先后为尺寸设置相同的“共享数值”

“链接数值”设置完成后，修改其中一个尺寸值，然后单击“常用”工具栏中的“重建模型”按钮，可发现建立了关联的尺寸，同时发生了变化，如图 2-2 所示（此处是使用两个正六边形执行的拉伸切除操作，所以关联后会很方便）。



> 需要注意的是，在共享数值对话框中所填入的命名，实际上，就是定义了一个全局变量，完成操作后，用户可在左侧模型树的“方程式”文件夹中找到所设置的变量（选择“工具”>“方程式”菜单，也可以在打开的对话框中见到所创建的全局变量），如图 2-3 所示。
>
> 那么什么是“变量”呢？它实际上是程序开发中的一个名词，是一段有名字的连续存储空间。可以理解为一个容器，容器名不变，但是所存储的数值可以改变。全局变量之外，还有局部变量等，不过在 SolidWorks 中通常只使用全局变量。

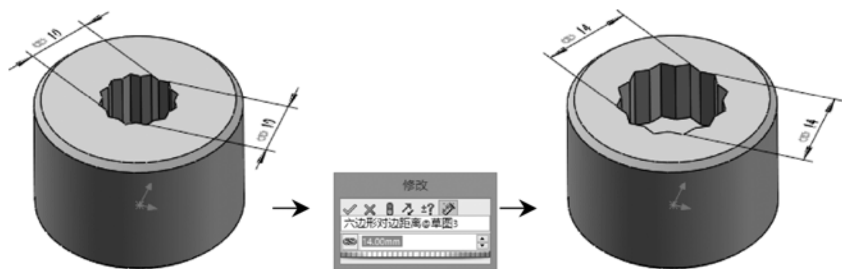


图 2-2　更改一个尺寸另外一个尺寸也发生了变化

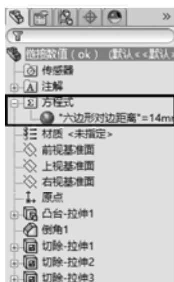




图 2-3　包含方程式变量的模型树和打开的“方程式***”对话框

2.2　方程式

在创建模型时，有时需要使用模型的一个尺寸值来定义另外一个尺寸值，或由于其他原因，需要在参数之间创建关联，而这些关联无法使用普通的几何关系等来添加，此时，即需要使用方程式。

需要说明的是，方程式多用于设置两个尺寸间的复杂关系。简单链接关系，可使用 2.1 节中讲述的“链接数值”。

2.2.1 方程式基础

方程式，实际上就是一个公式，如 Y=X+1，只是在 SolidWorks 中，Y 和 X 多位尺寸名称。此外，在学习为模型添加方程式之前，先来了解一些基础知识，如尺寸名、变量、公式的驱动关系等，具体如下：

- **尺寸名**：双击尺寸名后，可在打开的对话框中，对其名称进行修改。此外，尺寸路径是“尺寸名@特征名”形式的，@为分割符号，前为尺寸名，后为特征名，如在装配体中，则为“尺寸名@特征名@零件名”。
- **变量**：关于变量在 2.1 节的提示中也做过相关解释，需要注意的是，SolidWorks 中的变量都是全局变量，即使用时可以不必考虑范围，在整个模型或装配体中都好用，而公式则会区分是零件内好用还是装配体内好用。
- **公式的驱动关系**：与普通公式相同，SolidWorks 中的公式也都是右侧驱动左侧的形式，如 Y=X+1，是指用 X 尺寸值来求出 Y 的值，如 X=5，那么 Y=6。
- **运算符的优先级**：在公式中，可以使用加减乘除等算术运算符，并可使用括号()来定义运算符的优先级，所引用的尺寸名，应用双引号括起来，可包含常数。

2.2.2 方程式的添加

在新版 SolidWorks 中，需要在“方程式、整体变量、及尺寸”对话框中，完成对方程式的添加操作。

如图 2-4 所示，首先选择“工具”>“方程式”菜单（提前打开素材文件，并将所有特征尺寸显示出来），打开“方程式、整体变量、及尺寸”对话框；然后将光标置于方程式下的栏中，单击要设置方程式的尺寸，将此尺寸名称添加到方程式；再将光标置于“数值/方程式”栏，单击其余尺寸，并添加运算符等，即可完成方程式的添加。

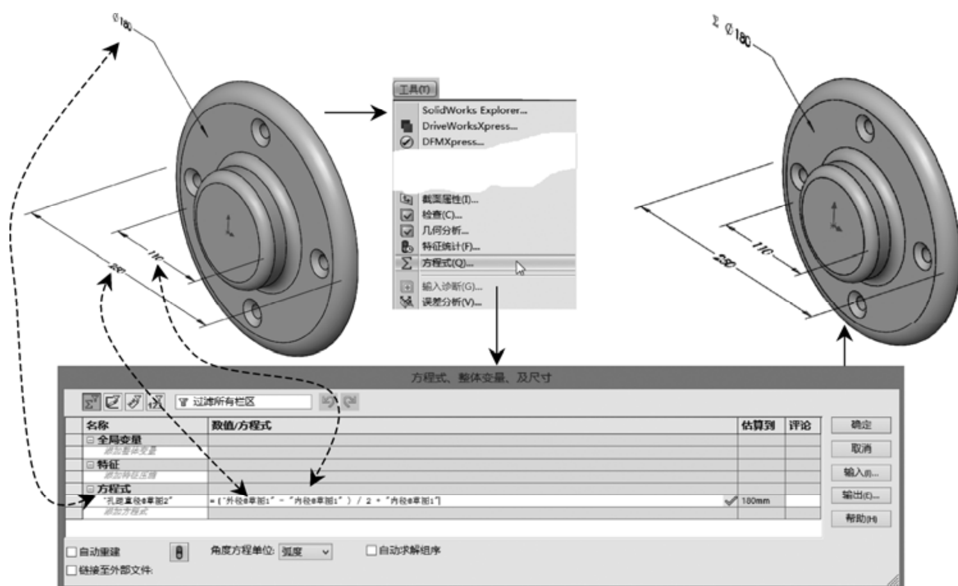


图 2-4　定义方程式操作

上面操作，主要通过法兰“外径”尺寸和“内径”尺寸来定义 4 个法兰孔圆周阵列直径的大小。完成方程式的添加后，修改一个关联尺寸，如通过双击将外径修改为 300，然后单击“常用”工具栏中的“重建模型”按钮，可发现模型整体发生了变化（圆周阵列的直径变成了 205，如图 2-5 所示）。

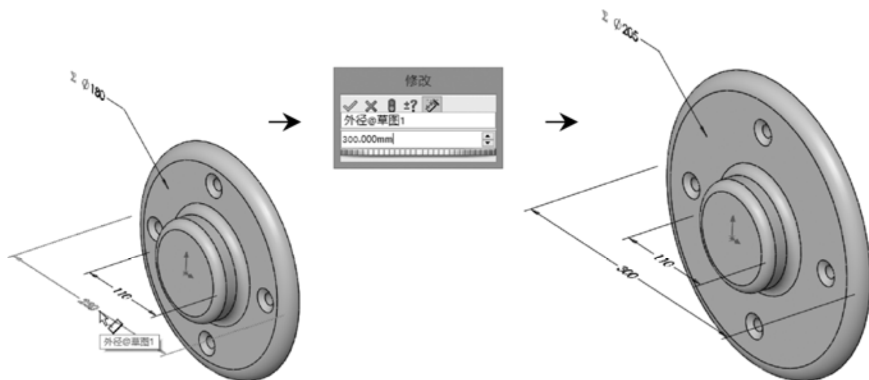


图 2-5　修改尺寸操作

下面解释一下在“方程式、整体变量、及尺寸”对话框中，部分选项的含义：

- **“方程式视图”按钮**：在下面列表中分栏显示全局变量、特征和方程式。
- **“草图方程式视图”按钮**：显示仅用于草图的全局变量和方程式。
- **“尺寸视图”按钮**：在下面列表中分栏显示全局变量、特征和所有尺寸（包含方程式）。
- **“按序排列的视图”按钮**：在下面列表中不分栏显示所有自定义的内容，如变量、特征状态（压缩或解除压缩）和全局变量等。
- **“全局变量”栏**：用于定义全局变量。
- **“特征”栏**：用于定义特征状态，压缩、解除压缩，或质量、密度等。
- **“方程式”栏**：用于添加方程式。
- **“自动重建”复选框**：在更改了相关尺寸值后，自动重建模型。
- **“链接至外部文件”复选框**：设置当前内容链接到外部的 TXT 文件，此文件内包含规范的方程式，定义链接后，外部文件的更改将影响模型。
- **“自动求解组序”复选框**：当有多个方程式时，选中此按钮，系统将自动决定求解方程式的顺序，否则将自上而下进行顺序求解。
- **“输出”和“输入”按钮**：将方程式输出为 TXT 文件，或将 TXT 文件输入到当前窗口，生产方程式。

2.2.3 函数

在创建方程式的过程中，也可以使用函数来参与数值的计算，如使用 sin 函数求某角度的正弦值，使用 cos 函数求某角度的余弦值等。

选择“工具”>“方程式”菜单，打开“方程式、整体变量、及尺寸”对话框后，首先设置要添加方程式的尺寸，然后可在“数值/方程式”栏中选择要使用的函数，再添加相应的变

量值和关系式等，如图 2-6 所示（此处 INT 为取整函数）。

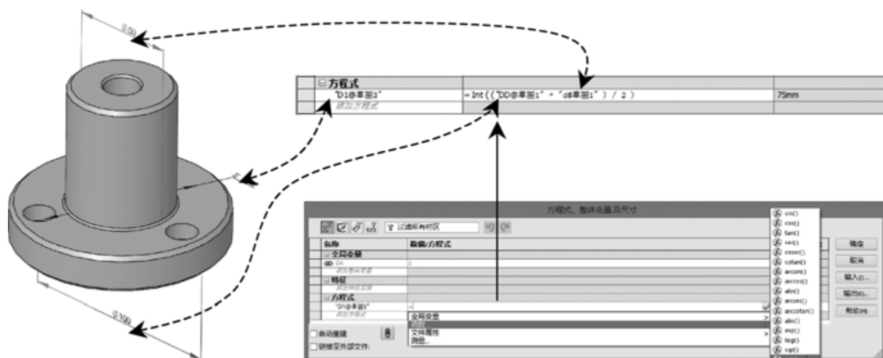


图 2-6 使用“函数”操作



> 所谓函数，是指在某一变化过程中有两个变量 x 和 y，当对于 x 的每一个确定的值，y 都有唯一确定的值与它对应时，则 y 与 x 有函数关系。在 SolidWorks 中，实际上，函数就是一种计算的方式。
>
> 在 SolidWorks 中，还可以使用 if 等判断语句类的函数（用法参见下面实例）。

实例精讲——使用方程式设计“动态孔”

一条具有多个孔的板，如何在板延长时自动添加孔的数量，如图 2-7 所示，这个问题在工作过程中会经常遇到，本实例介绍使用方程式解决此问题的方法。

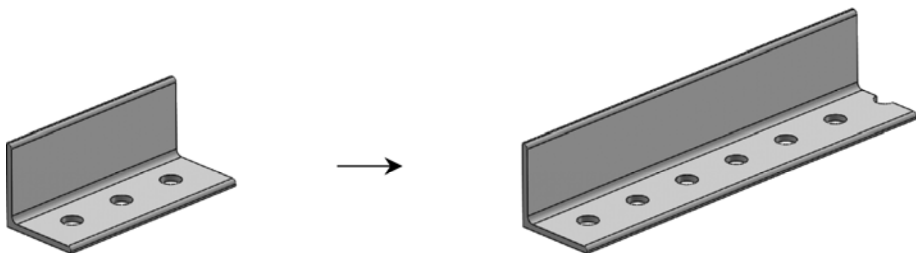


图 2-7 孔随板的长度增加效果

【制作分析】

本实例关键是使用了方程式，令阵列的个数与板的长度相关联，此外使用 if 语句判断板长度很小时（不够阵列的时候），称为阵列特征压缩。

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“动态孔.sldprt”，首先右击模型树左侧“注解”项，选择“显示特征尺寸”菜单，将特征尺寸显示出来（并隐藏不需要的尺寸），如图 2-8 所示。

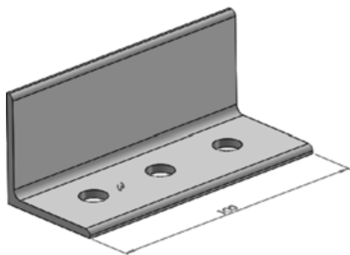


图 2-8　显示尺寸效果

STEP 2 选择“工具”>“方程式”菜单，打开“方程式、整体变量、及尺寸”对话框，添加如图 2-9 所示的两个方程式。

STEP 3 修改板的长度，单击“常用”工具栏中的“重建模型”按钮，可发现，孔随着板的长度的变化而自动增加，如图 2-10 所示（此处将板的长度修改为 210）。



图 2-9　添加的方程式

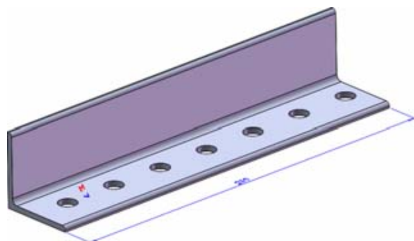


图 2-10　修改尺寸后的效果

2.3　在装配体环境下进行“Top-Down”关联设计

所谓“Top-Down”设计，即“自上而下”的设计方法。我们前面讲述的都是“自下而上”的设计方式，即首先依次设计单个零件，然后将设计好的零件组装起来，再验证设计的合理性等。

“自下而上”设计的好处是，开始时较简单，但是缺少总体规划，后期容易出问题，且出现问题后，修改烦琐，需要将相关零件都单独修改准确。本节介绍一种新的设计方式，即“自上而下”的设计方式，此方式可自装配体开始设计，也可以在部分装配体中直接添加要设计的关联零件，是一种较为智能高级的设计方式。

2.3.1 关联特征

所谓关联特征，就是指在装配体中创建一个零件中与其他零件相关联的特征。如单独打开具有关联特征的零件，在关联特征上，可在左侧模型树中发现此特征的外部参考引用标志“->”。关联特征会随着参考零件的更改而更改。下面看一个关联特征的创建操作。

首先打开本书提供的装配体素材文件，然后右击“前盖”零件，单击“编辑”按钮，在装配体中对零件进行编辑，进入“前盖”前部表面的草绘模式，然后单击“转换实体引用”按钮，设置与“箱”体对应孔的草图，如图 2-11 所示；再使用创建的草图，对“前盖”零件执行拉伸切除操作，拉伸切除 4 个孔，完成关联特征的创建，如图 2-12 所示（此图中的

“模型树”展示了添加的带有外部参考引用标志“->”的关联特征）。

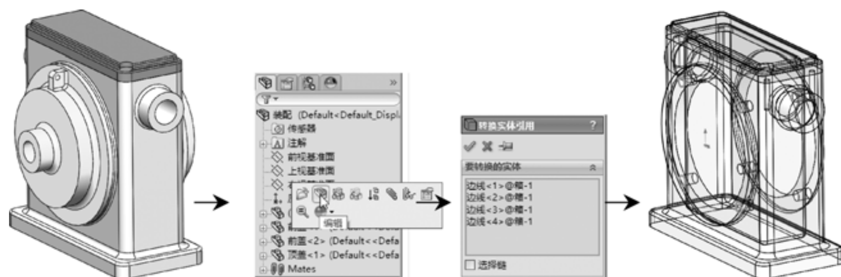


图 2-11　在装配状态下对模型进行编辑并创建引用其他实体边线的草图

通过相同操作，可为顶盖添加关联特征，如图 2-12 右图所示。

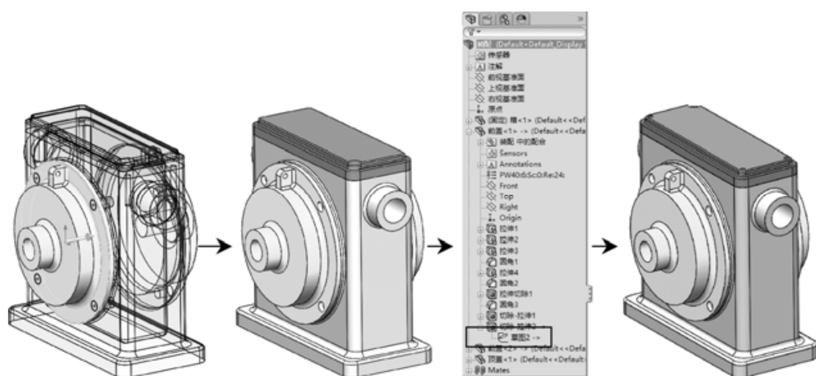


图 2-12　使用创建的草图执行“拉伸切除”操作创建关联特征

2.3.2 关联零件

如在装配环境下，直接执行创建零件的操作，则此零件即为关联零件（关联零件可保存在装配体内，即外部没有单独的零件文件）。可通过如下操作，创建关联零件。

首先打开本书提供的装配体素材文件，然后单击“装配体”工具栏中的“新零件”按钮，开始创建新零件，选择“前视基准面”绘制草图，如图 2-13 所示；然后通过创建基准面，并绘制圆（直径为 11），然后执行“扫描”操作，即可完成关联零件的创建，如图 2-14 所示。

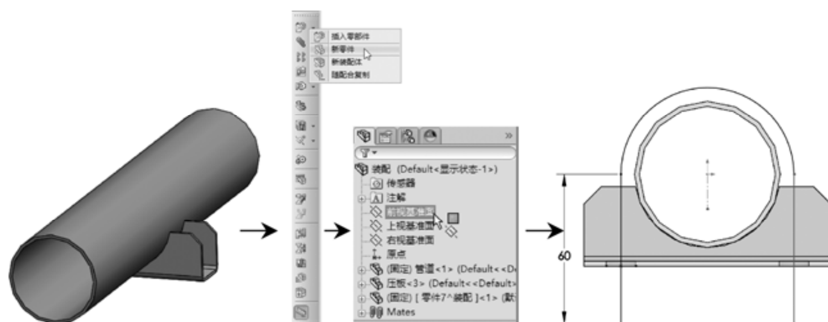


图 2-13　创建关联零件操作 1

关联零件与关联特征不同的是，“关联零件”的零件名称带有参考引用标志“->”，并有“∧装配名称”标志，如图 2-14 右图所示。

图 2-14 创建关联零件操作 2

完成关联零件的创建后，保存装配体，将弹出“另存为”对话框，如图 2-15 所示，在此对话框中选中“内部保存”单选按钮，可将关联零件保存在装配体内部；选择“外部保存”单选按钮，可将零件保存在外部，但是外部保存的零件依然与装配体保持关联关系。

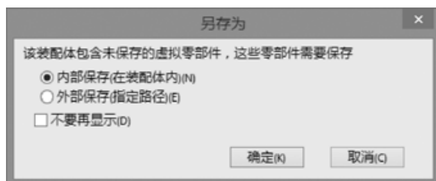


图 2-15 “另存为”对话框

2.3.3 布局草图

“布局草图”可看做是一种最彻底的“Top-Down”关联设计方式，操作时可首先在新装配文件中选择“插入”>“布局”菜单绘制“布局草图”，然后以此草图为参照，定位并绘制各个零部件（布局草图中，用于绘制各个零部件的草图，需单击“布局”工具栏中的“块”按钮，将其定义为块），从而完成装配体的绘制，如图 2-16 所示皮带轮装配模型的绘制。

在布局草图中，各个零部件的绘制与前面操作基本相同，所以此处不再单独讲述。

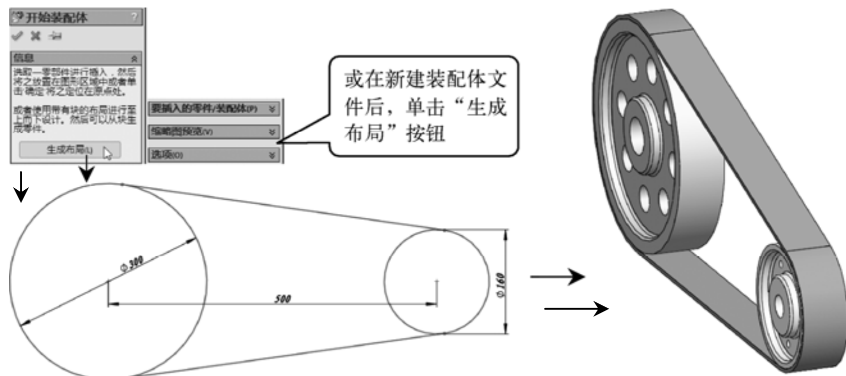


图 2-16 使用布局草图进行“Top-Down”关联设计

在布局草图装配体中，各个零部件都与布局草图相关联，即零部件与布局草图间存在外部参考关系，所以在后期调整时，对布局草图所做的修改将反应到各个零部件上。此外，使用布局草图可以减少配合的使用。



使用“布局草图”创建的装配体，在装配体“模型树”装配体名称前，会显示“布局草图”图标，如图 2-17 所示。

- 如要“显示布局草图”，可右击此图标，选择“显示布局”菜单，如图 2-18 所示。
- 如要“隐藏布局草图”，可右击此图标，选择“隐藏布局”菜单。
- 如要“编辑布局草图”，可右击此图标，选择“布局”菜单（或重新执行“插入”>“布局”菜单）。



图 2-17　“布局草图”图标



图 2-18　“布局草图”操作右键菜单

实例精讲——关联设计“定滑轮”

本实例将通过定滑轮的“支座”，来设计定滑轮装配体的其他零部件，如图 2-19 所示（其中部分零件采用导入方式，其余零件都保存在装配体文件中）。



图 2-19　关联设计“定滑轮”装配体操作

【制作分析】

本实例关键是应用了关联零件，在装配体中，数次插入新零件，并通过捕捉“支座”的相关尺寸来创建零件，下面看一下操作。

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“定滑轮.SLDASM”，如图 2-20 左图所示，先创建一个经过轴承孔中点的基准面，然后选择“插入”>“零部件”>“新零件”菜单，选中此基准

面，绘制草图，如图 2-20 中图所示，然后旋转出实体，如图 2-20 右图所示。

图 2-20　创建草图并进行旋转操作

STEP 2 创建此“芯轴”零件，在其一侧中点位置创建两个孔，孔的规格如图 2-21 左图所示，两个孔的位置重合，效果如图 2-21 右图所示。


图 2-21　创建两个孔

STEP 3 在零件的“前视基准面”中绘制草图，如图 2-22 左图所示，然后执行旋转切除操作；再次绘制草图，如图 2-22 右图所示，并执行拉伸切除操作，创建“芯轴”。

图 2-22　创建操作并执行旋转切除和拉伸切除操作

STEP 4 选择“插入”>“零部件”>“新零件”菜单，并选择 STEP 1 创建的基准面，绘制草图，再执行“旋转凸台/基体”操作，创建实体，并在实体内部执行 5 的圆角操作，创建

“滑轮”，如图 2-23 所示。

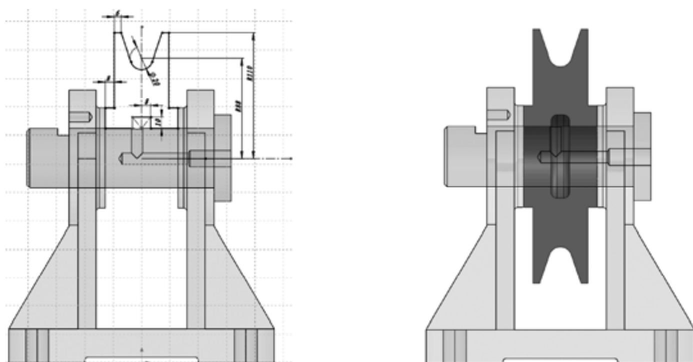


图 2-23　创建新的关联零件并执行旋转操作

STEP 5 选择“插入”>“零部件”>“新零件”菜单，选择“支座”的一个侧面为关联平面，并创建草图，如图 2-24 左图所示，然后对草图执行拉伸操作，拉伸长度为 10，再以“转换实体引用”方式创建草图，并执行拉伸切除操作，创建此零件（卡板）上的两个孔，如图 2-24 右图所示。

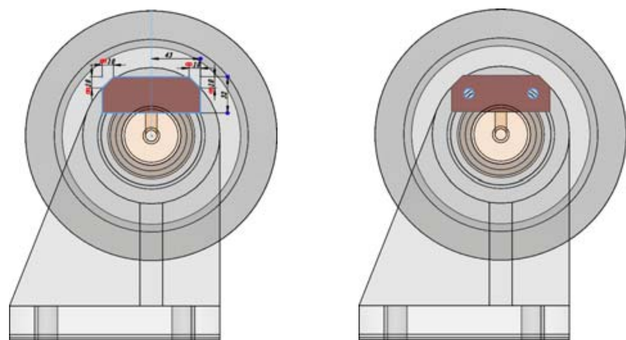


图 2-24　创建新零件并创建关联特征

STEP 6 完成关联零件的创建后，保存装配体，并设置将所有零件保存在装配体内，再导入本书提供的其余零件，添加配合，完成“定滑轮”的创建，如图 2-25 所示。

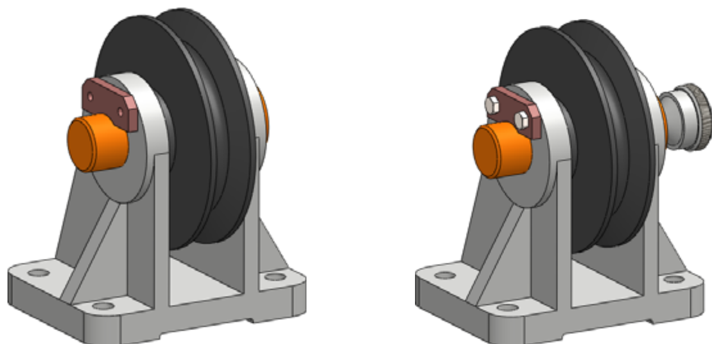


图 2-25　完成关联设计，并导入其余装配文件

2.4　本章小结

本章主要介绍了与方程式相关的“链接数值”，方程式的添加和应用，以及“Top-Down”设计的方法等内容。其中方程式，主要可令零件尺寸之间相关联，进而令对零件的后期修改变得相对简单，“Top-Down”是一种新的设计思路，可减少设计错误。

2.5　思考与练习

一、填空题

（1）所谓“链接数值”就是将模型中的两个或几个尺寸都与____________相关联，令这两个或几个尺寸的数值____________。

（2）需要在________________________对话框中，完成对方程式的添加操作。

（3）所谓关联特征，就是指在装配体中创建一个零件中与其他零件相关联的_____________。如单独打开具有关联特征的零件，在关联特征上，可在左侧模型树中发现此特征的外部参考引用标志_____________。

（4）关联零件与关联特征不同的是，“关联零件”的零件名称带有参考引用标志“->”，并有__________________________标志。

二、问答题

（1）简述什么是关联零件。

（2）解释一下“尺寸名@特征名@零件名”的意义。

三、操作题

使用本章所学的知识，按照图 2-26 和图 2-27 所示，创建“参数化的弹簧”（方程式中，D2 开头的对应螺距，D4 和 D5 是圈数，D3 是直径，D1 是高度）。

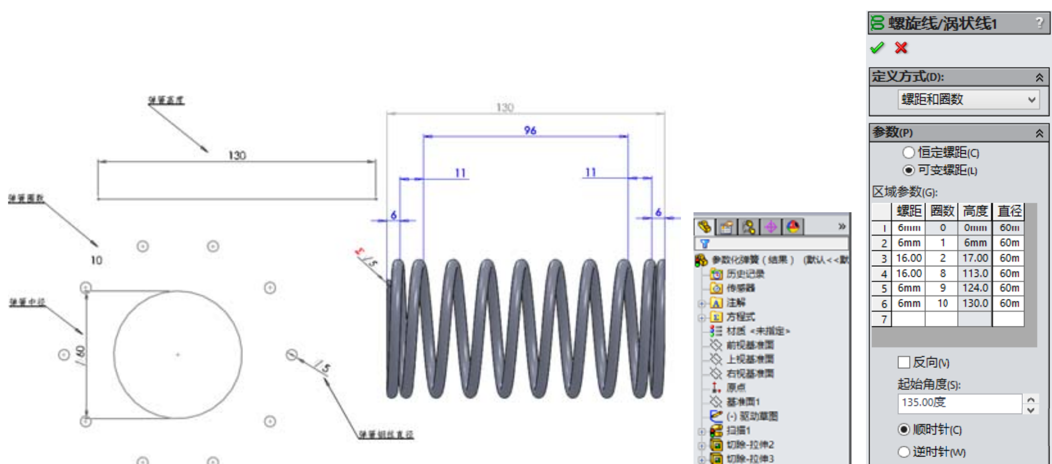


图 2-26　设计的参数弹簧、弹簧模型树和“螺旋线/涡状线 1”的参数



图 2-27　本操作题要添加的方程式

第 3 章 钣 金 设 计

本章要点

- 钣金基础
- 钣金设计
- 钣金编辑

学习目标

钣金设计是一种广泛应用于汽车、航空和轻工等领域的技术。钣金设计人员可以利用 SolidWorks 提供的钣金功能，以钣金的自有特性和材料为基础，方便地设计出各种钣金件。

3.1 钣金基础

“钣金”是指针对金属薄板（通常在 6 以下）进行的一种综合冷加工工艺，可以对其进行冲压、除料、折弯等操作，其显著特征是同一零件厚度一致，如图 3-1 所示。

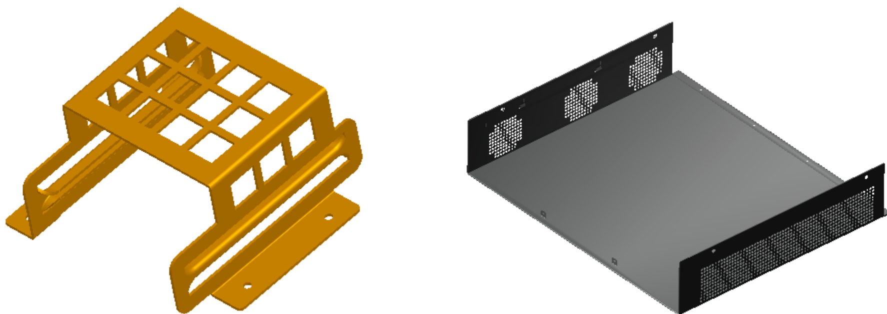


图 3-1 钣金件

在实际钣金操作时，通常是将一些金属薄板通过模具冲压使其产生塑性变形，形成所希望的形状和尺寸，然后再进行焊接或少量的机械加工，从而最终形成复杂的零件。

目前大多数工业设计软件，如 SolidWorks、UG、Creo、CATIA 等基本上都具备钣金功能。实际上就是在软件中通过对 3D 工业图形进行设计和编辑，从而得到钣金件加工所需的数据（如展开图），最终为钣金加工数控机床等提供模型加工的驱动。

3.1.1 钣金设计方式

共有三种钣金设计方式，一种是直接使用钣金特征来创建钣金模型，如图 3-2 所示；另一种是使用“转换到钣金”命令直接将实体转换到钣金，如图 3-3 所示；还有就是首先创建

实体，然后进行抽壳处理，再为其添加钣金特征，创建钣金模型，如图 3-4 所示。

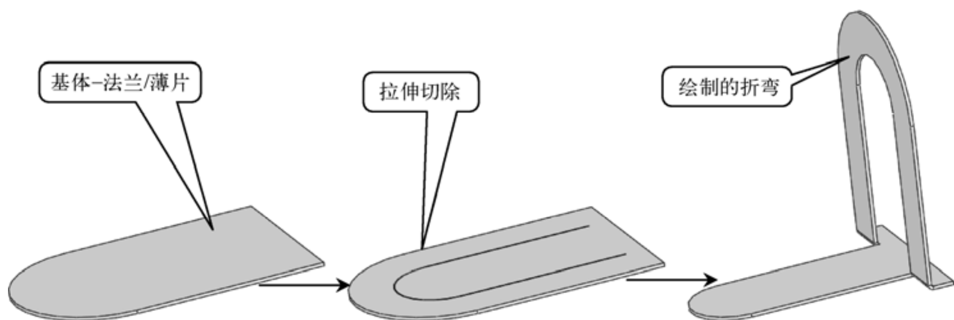


图 3-2　通过钣金特征创建钣金模型



图 3-3　使用“转换到钣金”命令创建钣金件

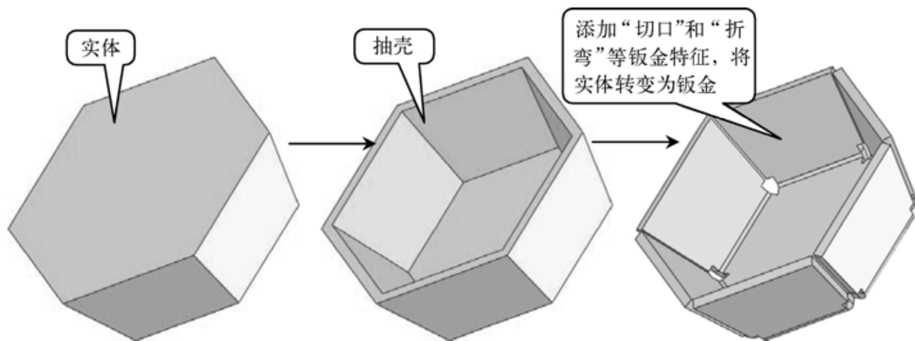


图 3-4　通过实体创建钣金件

将实体转变为钣金的钣金设计方式，多用于从其他 CAD 系统输入钣金件时，将输入的钣金件（此时为实体）通过插入钣金特征转变为 SolidWorks 钣金零件。

3.1.2 钣金术语和其意义

钣金零件的工程师为保证最终折弯成型后的零件为所期望的尺寸，会利用各种不同的算法来计算展开状态下备料的实际长度。其中最常用的方法是简单的“掐指规则”，即基于各自经验的规则算法。通常这些算法需要考虑材料的类型与厚度，折弯的半径和角度，机床的类型和步进速度等。

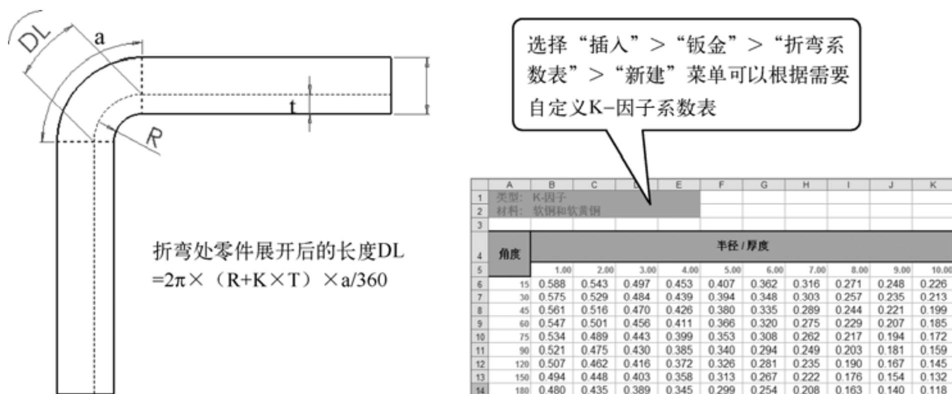
为更好地利用计算机超强的分析与计算能力，当用 CAD 程序模拟钣金的折弯或展开时，也需要一种计算方法以便准确地计算出备料的实际长度。本小节所讲述的几个钣金术语实际上为确定钣金展开长度的几种方式，而且可与“掐指规则”结合使用。

1．K-因子

在折弯变形过程中，折弯圆角内侧材料被压缩、外侧材料被拉伸，而保持原有长度的材料呈圆弧线分布，这个圆弧线被称为中性线。K–因子表示钣金中性线的位置，以钣金零件的厚度作为计算基准（见图 3–5 左图），为钣金内表面到中性面的距离 t 与钣金厚度 T 的比值，即 K=t / T。

K–因子值通常由钣金材料供应商提供，或者可根据试验数据、经验或材料手册等得到。需要注意的是，针对不同的折弯情况，K–因子值不可能一成不变，也很难有固定的计算公式，所以根据“掐指规则”自定义一些特殊场合的 K–因子是非常必要的。

在 SolidWorks 中可根据需要自定义不同场合下的 K–因子系数表，如图 3–5 右图所示，从而保证钣金展开后的正确备料长度。



角度	半径 / 厚度									
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
15	0.588	0.543	0.497	0.453	0.407	0.362	0.316	0.271	0.248	0.226
30	0.575	0.529	0.484	0.439	0.394	0.348	0.303	0.257	0.235	0.213
45	0.561	0.516	0.470	0.426	0.380	0.335	0.289	0.244	0.221	0.199
60	0.547	0.501	0.456	0.411	0.366	0.320	0.275	0.229	0.207	0.185
75	0.534	0.489	0.443	0.399	0.353	0.308	0.262	0.217	0.194	0.172
90	0.521	0.475	0.430	0.385	0.340	0.294	0.249	0.203	0.181	0.159
120	0.507	0.462	0.416	0.372	0.326	0.281	0.235	0.190	0.167	0.145
150	0.494	0.448	0.403	0.358	0.313	0.267	0.222	0.176	0.154	0.132
180	0.480	0.435	0.389	0.345	0.299	0.254	0.208	0.163	0.140	0.118

图 3–5　K–因子与钣金长度的关系、K–因子系数表

2．折弯系数和折弯扣除

如图 3–5 左图中的公式所示，可以根据 K–因子计算出折弯处中性线的长度（即折弯处钣金展开后的长度），此长度即为折弯系数。在实际应用中，折弯系数值通常直接给出，所以说折弯系数可以比 K–因子更加直接地定义钣金展开后的备料长度。

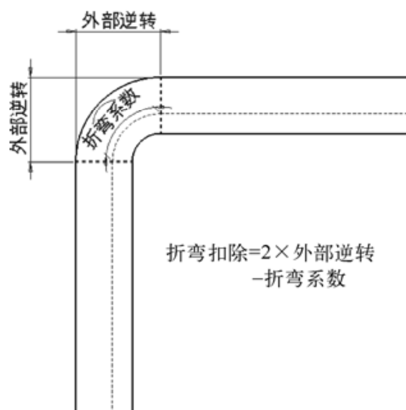
折弯系数的值会随不同的情形如材料类型、材料厚度、折弯半径和折弯角度等而不同，而且折弯系数还会受到加工过程、机床类型和机床速度等的影响。

折弯扣除通常是指回退量，而根据定义，折弯扣除为双倍外部逆转与折弯系数之间的差，如图 3–6 左图所示。折弯扣除的大小也同样受到多种因素的影响。

折弯扣除与折弯系数实际上只是测量或定义方式不同的两个量，在使用时都是用于确定零件展开长度的一个值。而且它们也都可以根据不同的实际情况来定义折弯系数表或折弯扣除表，如图 3–6 右图所示（SolidWorks 中默认提供有多个折弯系数表和折弯扣除表，可直接使用，也可修改后使用）。



> 一般来说，对每种材料或每种材料的加工组合会有一个表，初始表的形成可能会花费一些时间（如需要进行反复的测试），但是一旦形成，今后我们就可以不断地重复利用其中的某个部分了。



选择“插入”>“钣金”>“折弯系数表”>“从文件”菜单可以根据需要选择使用的折弯系数表或折弯扣除表

单位:	英寸										
类型:	折弯扣除										
材料:	半硬黄铜和钣铜、软钢和铝										
评论:	所指定的数值用于 90-度折弯										
半径	厚度										
	1/64	1/32	3/64	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	7/32	1/4
1/32	0.035	0.056	0.077	0.099	0.120	0.141	0.184	0.226	0.269	0.311	0.354
3/64	0.041	0.062	0.084	0.105	0.126	0.147	0.190	0.232	0.275	0.317	0.360
1/16	0.048	0.070	0.091	0.112	0.133	0.155	0.197	0.240	0.282	0.325	0.367
3/32	0.062	0.083	0.104	0.126	0.147	0.168	0.211	0.253	0.296	0.338	0.381
1/8	0.075	0.097	0.118	0.139	0.160	0.182	0.224	0.267	0.309	0.352	0.394
5/32	0.089	0.110	0.131	0.153	0.174	0.195	0.238	0.280	0.323	0.365	0.408
3/16	0.101	0.123	0.144	0.165	0.186	0.208	0.250	0.293	0.335	0.378	0.420
7/32	0.115	0.136	0.157	0.179	0.200	0.221	0.264	0.306	0.349	0.391	0.434
1/4	0.128	0.150	0.171	0.192	0.213	0.235	0.277	0.320	0.362	0.405	0.447
9/32	0.142	0.163	0.184	0.206	0.227	0.248	0.291	0.333	0.376	0.418	0.461
5/16	0.155	0.177	0.198	0.219	0.240	0.262	0.304	0.347	0.389	0.432	0.474
评论:	使用从 Machinery Handbook - 26th Edition 摘录的折弯系数值。										
评论:	经 Industrial Press 公司许可。所用的公式为										
评论:	折弯扣除 = 2*(半径 + 厚度) - 折弯系数										

图 3-6 折弯扣除与折弯扣除表

3.1.3 认识钣金设计树和钣金工具栏

在 SolidWorks 的钣金设计树中，如图 3-7 左图所示，任何钣金件都将默认添加如下两个特征（即使只创建了一个“薄片”钣金）：

- “钣金”特征：包含默认的折弯参数，可编辑或设置此钣金件的默认折弯半径、折弯系数、折弯扣除和默认释放槽类型。
- “平板型式”特征：默认被压缩，解除压缩后用于展开钣金件（通常在压缩状态下设计钣金件，否则将在“平板型式”后添加特征）。

“钣金”工具栏集合了设计钣金的大多数工具，如图 3-7 右图所示，而且在“钣金”工具栏中还集合有“拉伸切除”和“简单直孔”按钮，此两个按钮与前面几章中介绍的特征工具条中的对应按钮功能完全相同，在钣金件上同样可用于进行切除或执行孔操作。

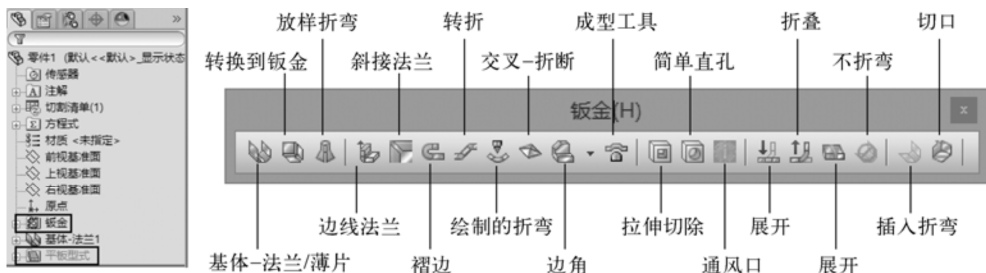


图 3-7 钣金设计树和钣金工具栏

3.2 钣金设计

本节主要讲解创建钣金主要壁的方法，所创建的特征多参照草绘图形或草绘线创建，如基体-法兰/薄片、边线法兰等特征。

3.2.1 基体-法兰/薄片

“基体-法兰/薄片”特征是主要的钣金创建工具，与“拉伸凸台/基体”命令类似，可以使

用轮廓线拉伸出钣金，其他钣金特征都是在此基础上创建的。

首先绘制一封闭轮廓曲线，如图 3-8 左图所示，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，再选择绘制好的曲线轮廓，打开“基体法兰”对话框，如图 3-8 中图所示，设置钣金厚度，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮即可完成“基体-法兰/薄片”特征的创建，效果如图 3-8 右图所示。

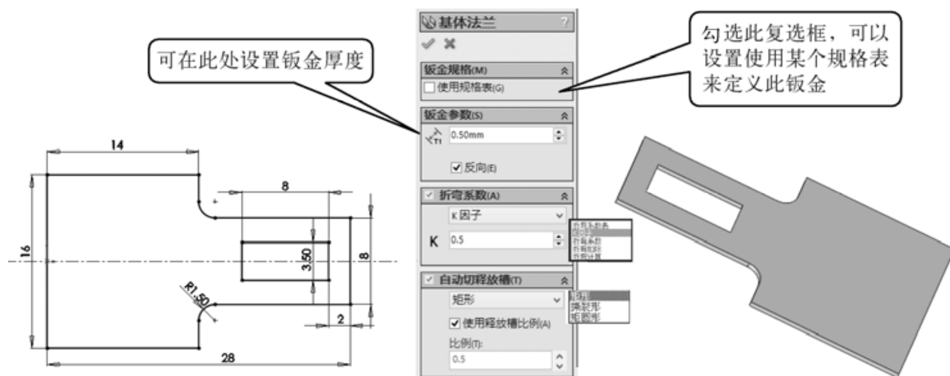


图 3-8　创建“基体-法兰/薄片”

在“基体法兰”对话框中，如图 3-8 中图所示，“折弯系数”卷展栏用于定义钣金折弯的规则算法，其意义可参见 3.1.3 节中的讲述。“自动切释放槽”卷展栏用于设置在插入折弯时为弯边设置不同类型的“释放槽”，有“矩形”“撕裂形”和“短圆形”三种类型可供选择，其作用如下。

- **“矩形”**：指在折弯拐角处添加一个矩形让位槽，如图 3-9 左图所示。
- **“撕裂形”**：指维持现有材料形状，不为折弯创建让位槽，如图 3-9 中图所示。
- **“短圆形”**：指在折弯拐角处添加一个圆形让位槽，如图 3-9 右图所示。



在对钣金材料进行拉伸或弯曲时，折弯处容易产生撕裂或不准确的现象，添加释放槽的目的是弥补这种缺陷，防止发生意外变形。在创建边线法兰或转折等钣金特征时，可以对此参数单独进行设置，否则整个钣金都将默认使用此处的释放槽设置。

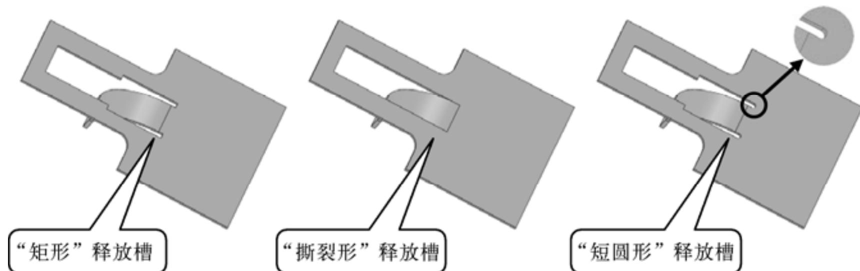


图 3-9　三种“释放槽”

3.2.2 转换到钣金

使用“转换到钣金”工具可以先以实体的形式把钣金的大概形状画出来，然后再把它转换为钣金，下面看一个转换钣金的实例。

STEP 1 打开本书提供的素材文件“转换到钣金（素材）.SLDPRT”，如图 3-10 左图所示，单击“钣金”工具栏中的“转换到钣金”按钮，打开“转换到钣金”属性管理器，如图 3-10 中图所示，并选择素材文件的上表面作为钣金的固定面，如图 3-10 右图所示。

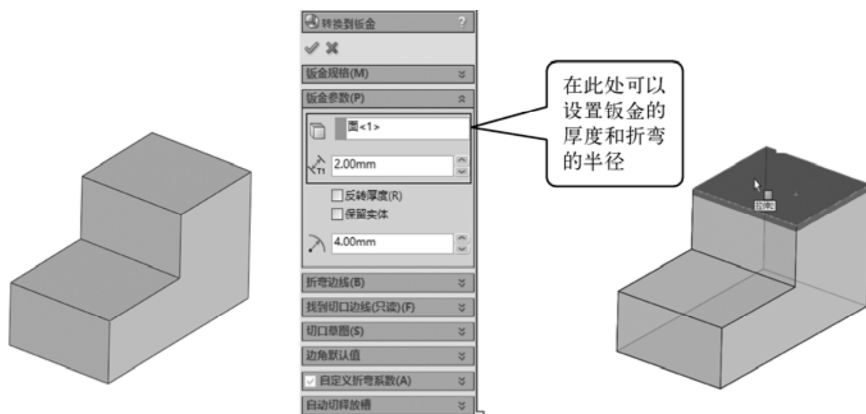


图 3-10 “转换到钣金”操作 1

STEP 2 切换到“折弯边线”卷展栏，并顺次选择 5 条边线，再切换到“切口草图”卷展栏，并选择“草图 3”作为生成切口的草图实体，其他选项保持系统默认设置，单击“确定”按钮即可将此实体转换为钣金，如图 3-11 所示。

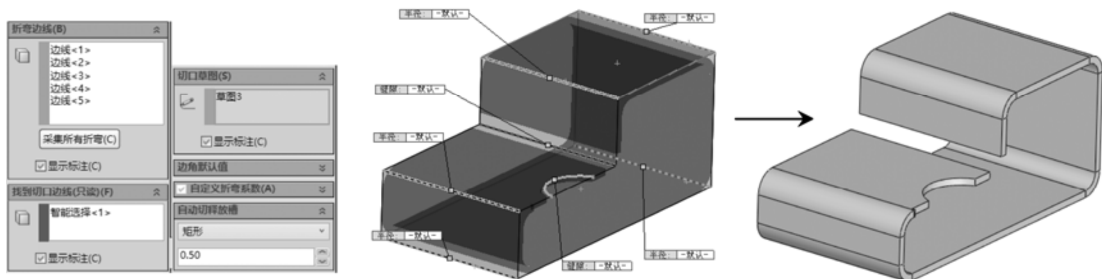


图 3-11 “转换到钣金”操作 2

3.2.3 边线法兰

“边线法兰”是指以已创建的钣金特征为基础，将某条边进行拉长、延伸并弯曲，从而形成的新钣金特征（可以使用预定义的图形，也可以草绘延伸截面的形状）。

如图 3-12 所示，单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，打开“边线-法兰 2”属性管理器，选择基体钣金一侧的边线，设置法兰长度和折弯半径等参数，单击“确定”按钮即可在基体钣金选中的边线处创建法兰。

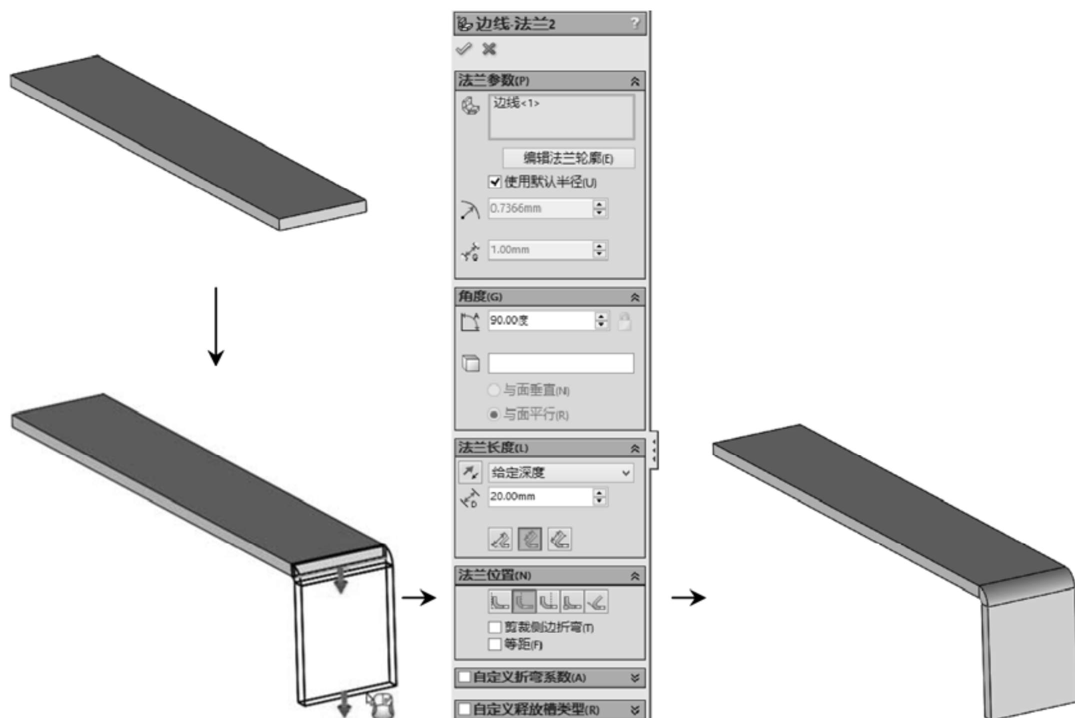


图 3-12　创建“基体-法兰/薄片”

在创建“边线法兰”的过程中，单击“边线-法兰”属性管理器“法兰参数”卷展栏中的“编辑法兰轮廓”按钮，通过拖动边线、添加约束和尺寸等可定义边线法兰的形状，如图 3-13 所示。

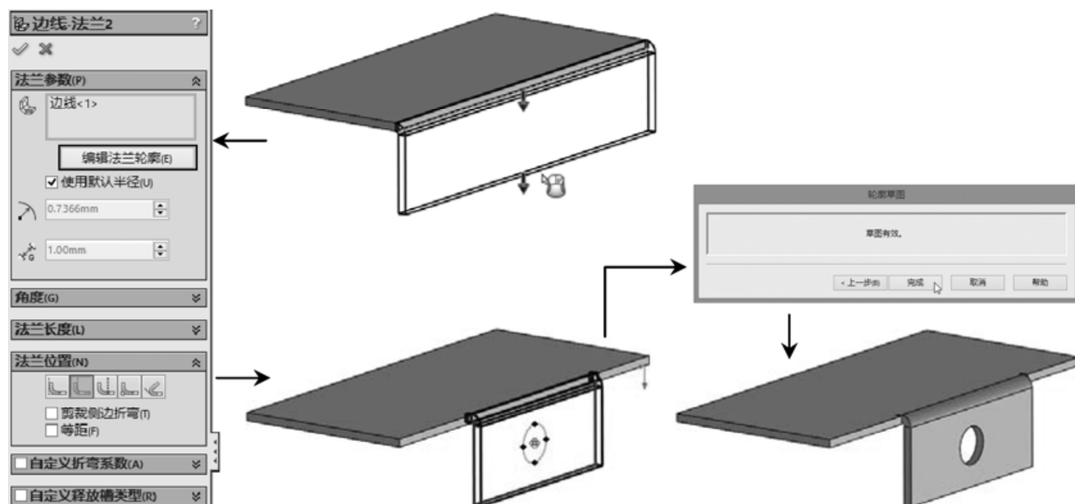


图 3-13　创建自定义形状“边线法兰”

通过上面图例可知：在“边线法兰”属性管理器中，单击“编辑法兰轮廓”按钮可以创建自定义形状的边线法兰（此时要求轮廓的一条草绘直线必须位于生成边线法兰时所选择的

边线上）；取消“使用默认半径”复选框的勾选状态可以自定义折弯半径。

下面解释一下“边线法兰”属性管理器中其他选项的作用：

➢ “缝隙距离”文本框：当所选择的两条边线相邻时，用于设置两个边线法兰间的距离，如图 3-14 所示。

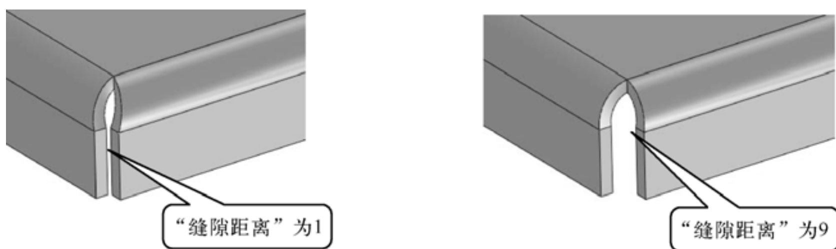


图 3-14　创建自定义形状“边线法兰”

➢ “角度”卷展栏和“法兰长度”卷展栏：分别用于设置法兰壁与基体法兰的角度和法兰的长度，如图 3-15 所示。只是在设置法兰长度时，有三种测量方式：“外部虚拟交点”、“内部虚拟交点”的作用如图 3-16 所示，“双弯曲”是指以折弯弧线相切位置作为法兰长度的计算边界，此处不再做过多解释。



图 3-15　角度”卷展栏和“法兰长度”卷展栏的作用

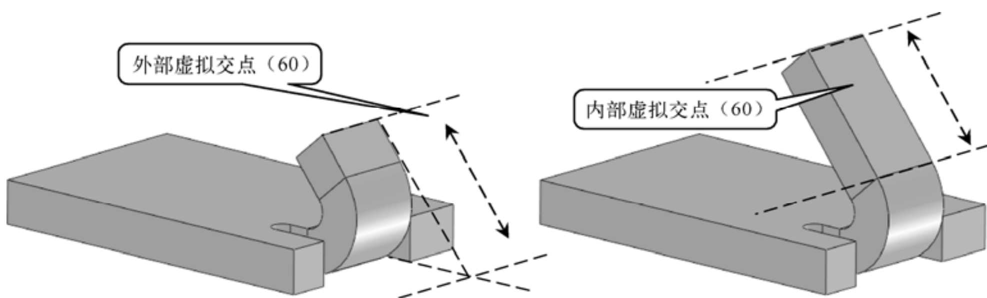


图 3-16　法兰长度的度量方式

➢ “法兰位置”卷展栏：用于设置法兰嵌入基础钣金材料的类型，共有 5 种类型，其作用如下。

“材料在内”：此方式下所创建的法兰特征将嵌入到钣金材料的里面，即法兰特征的外侧表面与钣金材料的折弯边位置平齐，如图 3-17 左上图所示。

“材料在外”：此方式下所创建的法兰特征其内侧表面将与钣金材料的折弯边位置平齐，如图 3-17 右上图所示。

“折弯在外”：此类型下所创建的法兰特征将附加到钣金材料的折弯边的外侧，如

图 3-17 左下图所示。

“虚拟交点的折弯”：此类型下所创建的法兰特征与原钣金材料的交点永远位于底部的边线，如图 3-17 右下图所示。

“与折弯相切”：所创建的法兰特征的弯折面与基体法兰原连接面（端面）相切（可自行尝试一下）。

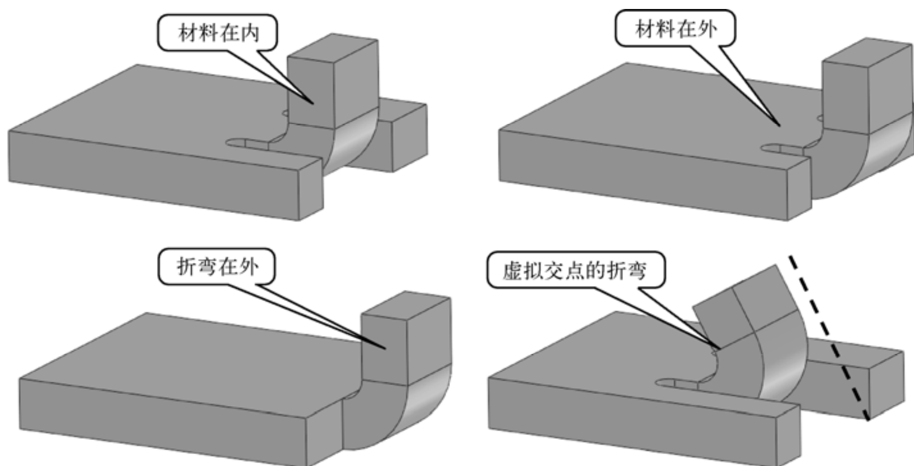


图 3-17　法兰嵌入钣金材料的类型

此外，勾选“剪裁侧边折弯”复选框将移除邻近法兰的多余材料，如图 3-18 左图和中图所示；勾选“距离”复选框可以设置法兰距离侧边的长度，如图 3-18 右图所示。

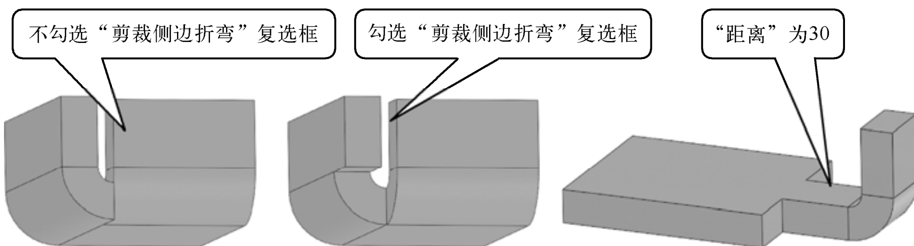


图 3-18　“剪裁侧边折弯”和“距离”复选框的作用

➢ “自定义折弯系数”和“自定义释放槽类型”卷展栏在前面章节中已做过讲述，只是在创建边线法兰并选择创建“撕裂形”释放槽时，可以选择“撕裂形”释放槽为“切口”或“延伸”形式，其作用如图 3-19 所示。

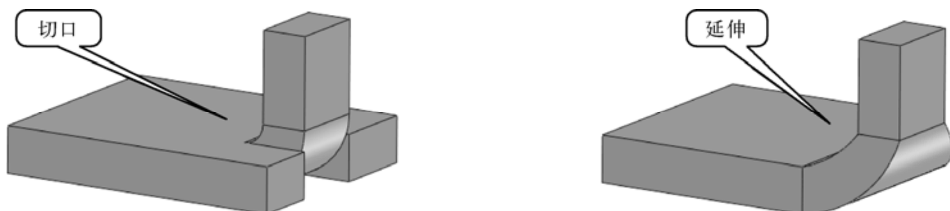


图 3-19　“切口”和“延伸”形式撕裂形释放槽

3.2.4 斜接法兰

利用“斜接法兰”工具可以在指定边处，沿指定的路径进行弯边处理。如图 3-20 所示，单击“钣金”工具栏中的“斜接法兰”按钮，首先在钣金的侧面绘制一草图，完成后打开“斜接法兰”属性管理器（此处各选项保持系统默认设置），单击“确定”按钮即可创建斜接法兰特征。

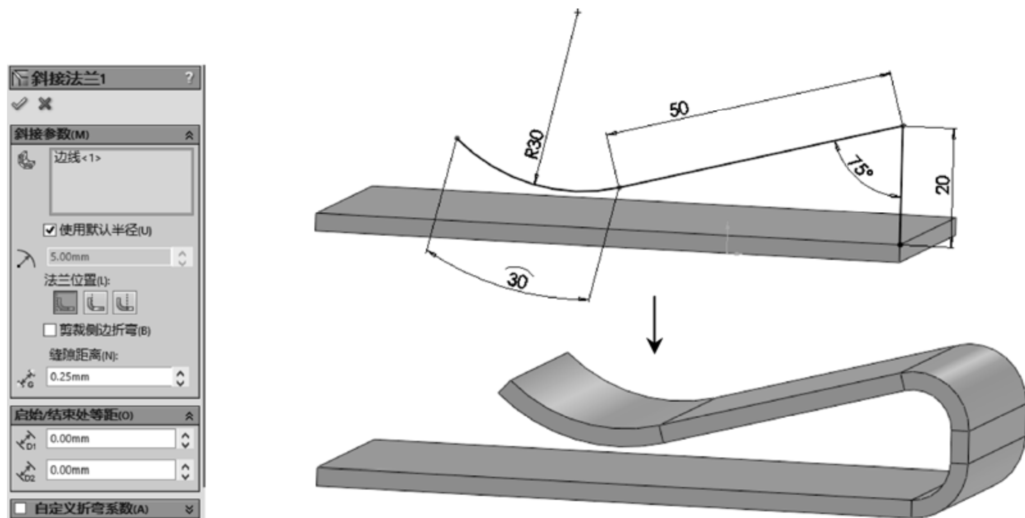


图 3-20 创建“斜接法兰”特征

在“斜接法兰”属性管理器中，“斜接参数”卷展栏中的多数选项在前面章节已做过解释，需要注意的是当选择多条斜接边线时，“缝隙距离”文本框用于设置多条边线所延伸出的斜接法兰间的缝隙距离，如图 3-21 所示。“起始/结束处等距”卷展栏用于设置斜接法兰距离两个侧边的距离，如图 3-21 右图所示。

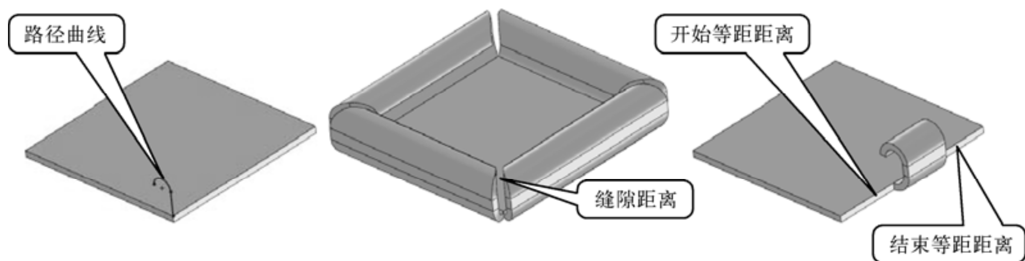


图 3-21 “斜接法兰”的两个特性

3.2.5 褶边

所谓“褶边”是指将钣金的折弯边卷曲到表面上所形成的法兰特征，共有 4 种“褶边”类型，如图 3-22 所示。单击“钣金”工具栏中的“褶边”按钮，再选择任一钣金边线可进行“褶边”操作。



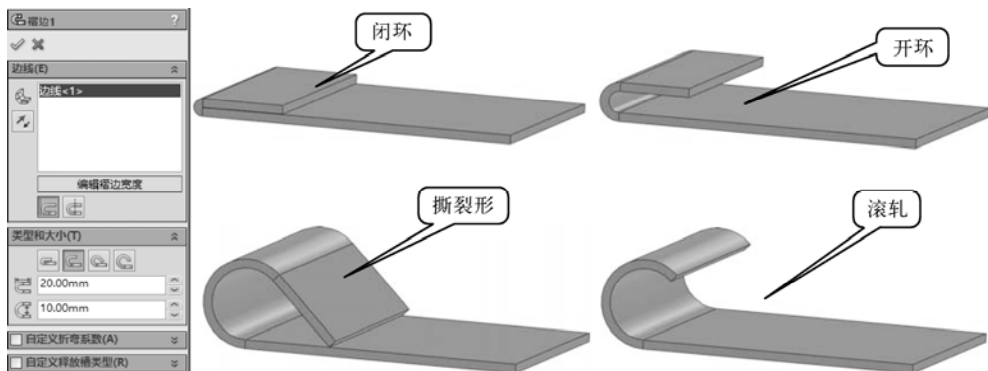


图 3-22 “卷边弯边”的类型



> “褶边”钣金特征也具备编辑边线长度的功能，单击“编辑褶边宽度”按钮可以对褶边的长度进行编辑，并可自定义释放槽类型，令其在功能上有些类似于边线法兰。

3.2.6 转折

“转折”是指在转折线处提升材料，并在提升侧两端添加弯边。单击“钣金”工具栏中的“转折”按钮，绘制转折线并选择固定面后可执行“转折”操作，如图 3-23 所示。

在“转折”属性管理器中，“转折等距”卷展栏提供了多种计算“尺寸位置”的方式，在“转折位置”卷展栏中提供了多种转折位置的计算方式，用户可根据需要进行选择。取消选择“转折等距”卷展栏中“固定投影长度”复选框的勾选状态，系统将只执行转折操作，而不在转折处添加材料。

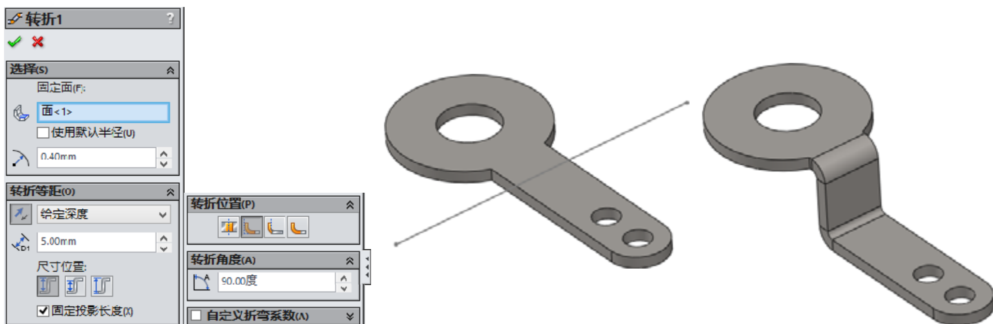


图 3-23 “转折”操作

3.2.7 放样折弯

“放样折弯”类似于本书前面讲述的“放样”特征，相当于将两个截面曲线进行放样连接而得到放样钣金特征，如图 3-24 所示（单击“放样折弯”按钮可执行此操作）。

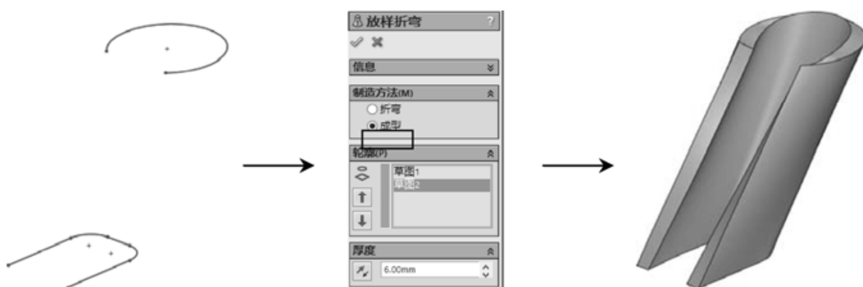


图 3-24 “放样的折弯”操作

当“放样折弯”所得到的零件，可以使用“闸压”成形（就是使用一个工具来冲出折弯）时，在使用“放样折弯”特征生产钣金件时，系统将显示“折弯线控制”卷展栏，如图 3-25 所示。



图 3-25 通过“折弯线控制”卷展栏控制折弯线的数量

通过“折弯线控制”卷展栏可以设置折弯线的数量。折弯线的数量，对钣金成形没有影响，而是用于控制钣金展平后，所得到的板材大小，与弯曲时板材大小的误差程度（如图 3-26 所示，为不同数量折弯线展平后的板材效果）。其中“折弯线”的数量越多，误差越小，反之越大（即如果选中此卷展栏中的“最大误差”单选按钮，可直接设置“误差值”，而误差值越小，折弯线的数量将越多，反之折弯线数量越少）。

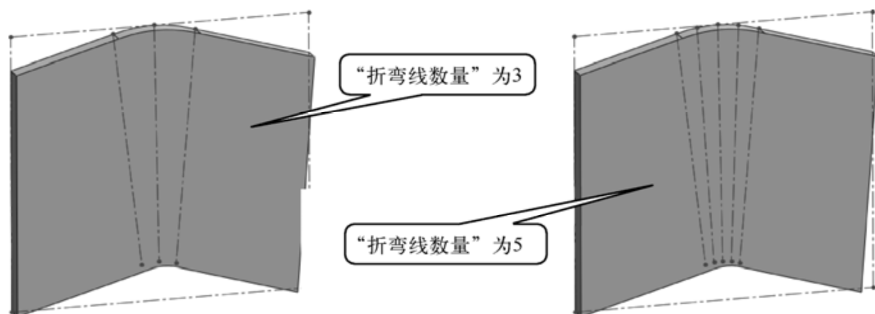


图 3-26 不同折弯线展平后的板材

此外，在 SolidWorks 2014 版中，对于“放样折弯”系统提供了更多的功能，上面讲述的是“成型”折弯的基本操作（也是前面版本中“放样的折弯”的主要功能），即使用放样特征所生成的折弯钣金，都是使用“成型”工具一次（或多次）成型的。

但是，在实际工作中，读者可能也会遇到要通过数次“折弯”来形成圆角的此类弯角情况，此时即可以使用 SolidWorks 2014 版提供的“放样折弯”特征中的“折弯”类型进行操作，如图 3-27 所示。



图 3-27 “折弯”放样折弯操作

执行“折弯”放样折弯操作时，选中轮廓线后，需要在“放样折弯”属性管理器的“制造方法”卷展栏中选中“折弯”单选按钮，然后可在此属性管理器中，显示更多的卷展栏，如图 3-27 中图所示。其中“钣金参数”（此卷展栏中的“折弯半径”值，用于设置每个“折弯”的半径值，“反向”复选框用于设置钣金位于放样线的内侧还是外侧）、“折弯系数”和“自动切释放槽”三个卷展栏，在前面不同章节中，已做过解释，此处不再重复。

“平面铣削选项”卷展栏中的 4 个按钮都用于设置“放样折弯”钣金件中，圆角处“折弯”的次数（或大小，只是设置的方式不同）。

其中“折弯数”用于直接设置折弯的次数（其值，要在下面的“刻面值”卷展栏中进行设置）；“弦公差”是指折弯线与圆角面间的距离，其值越大，折弯线越少，反之越多（其值同样也需要在“刻面值”卷展栏中进行设置，此时“刻面值”会要求输入长度值，即“弦公差”的长度）；“线面长度”和“弧角”等也与此相似，此处不再一一叙述。

实例精讲——连接杆的钣金设计

下面设计一个连接杆以熟悉钣金设计，实例效果如图 3-28 所示。

【制作分析】

本实例将首先绘制连接杆基本草图，然后通过基体-法兰/薄片、边线法兰、斜接法兰、转折等钣金操作实现连接杆的创建。

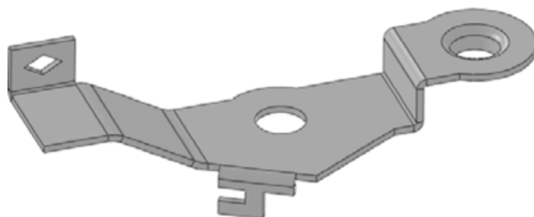


图 3-28 连接杆效果

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件文件，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，选择前视基准面绘制一图 3-29 左图所示的轮廓草图，设置钣金厚度为 3（其他选项保持系统默认），如图 3-29 中图所示，单击“确定”按钮创建基体钣金，如图 3-29 右图所示。

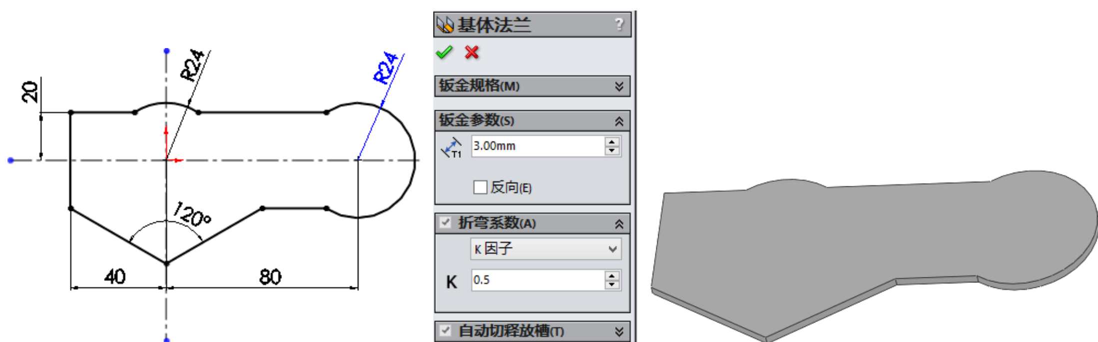


图 3-29 创建基体钣金

STEP 2 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择钣金左侧凸起的下端边线，打开“边线-法兰”属性管理器，如图 3-30 左图所示，设置折弯半径为 1，法兰长度为 20，法兰位置为“折弯在外”，再单击“编辑法兰轮廓”按钮，将法兰的轮廓曲线定义为如图 3-30 中图所示的草绘图形，单击“确定”按钮生成图 3-30 右图所示边线法兰。

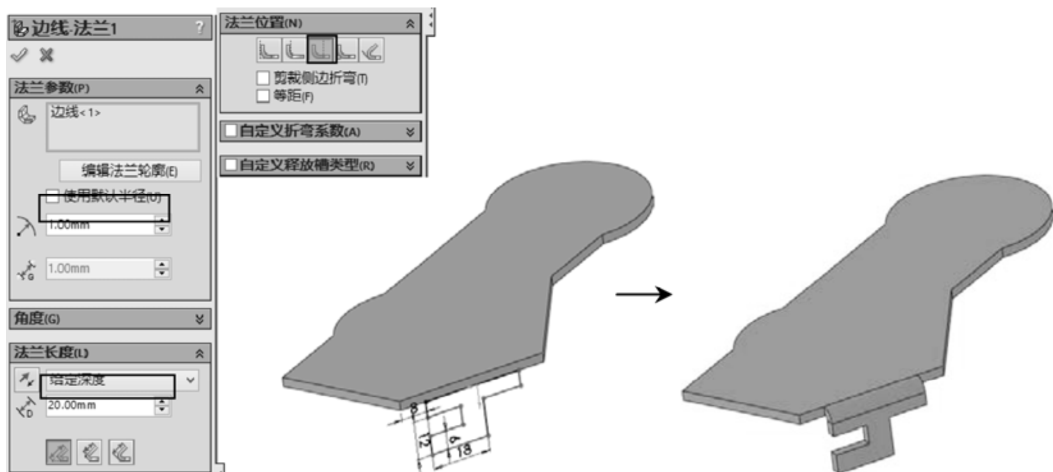


图 3-30 创建轮廓线定义的边线法兰

STEP 3 单击“钣金”工具栏中的“转折”按钮，绘制一图 3-31 左图所示的竖直直线，完成草图后，再在“转折”属性管理器中（见图 3-31 中图）设置“转折半径”为 1，将“转折距离”设置为 20，“固定面”设置为左侧钣金的上表面，单击“确定”按钮完成转折操作，效果如图 3-31 右图所示。



图 3-31　创建转折

STEP 4 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，以“完全贯穿”方式在钣金基体上拉伸切除出一圆形的孔，如图 3-32 所示。

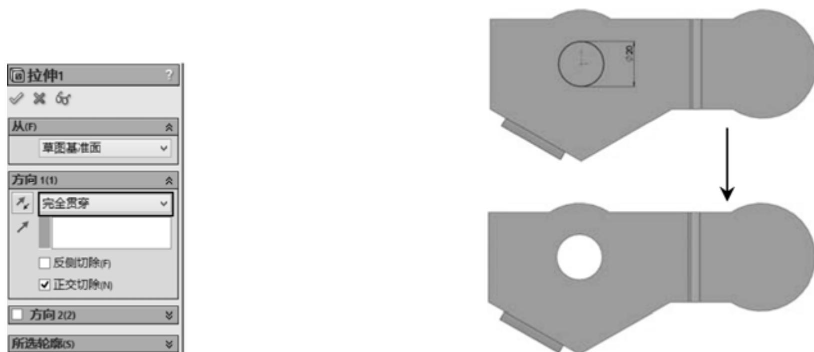


图 3-32　拉伸切除钣金

STEP 5 单击“钣金”工具栏中的“斜接法兰”按钮，选择钣金基体靠近圆弧面的侧面，绘制一图 3-33 右上图所示的草绘图形，再在“斜接法兰”属性管理器中（见图 3-33 左图）设置“折弯半径”为 10，法兰位置设置为“材料在外”，单击“确定”按钮绘制斜接法兰，效果如图 3-33 右下图所示。

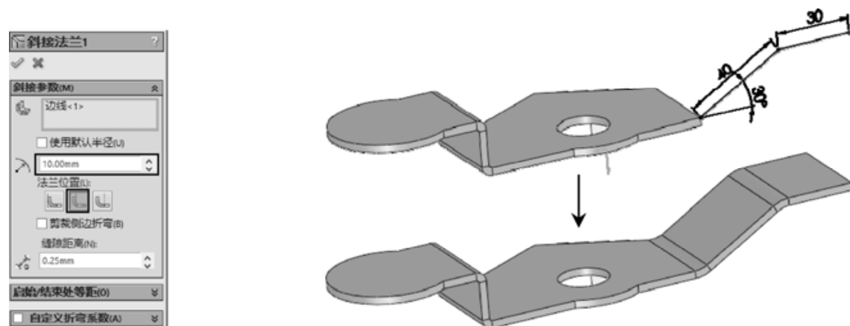


图 3-33　创建斜接法兰

STEP 6 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择 STEP 5 创建的“斜接法兰”的最外侧边线，设置法兰长度为 20，折弯半径为 1，单击“确定”按钮创建边线法兰，如图 3-34 所示。

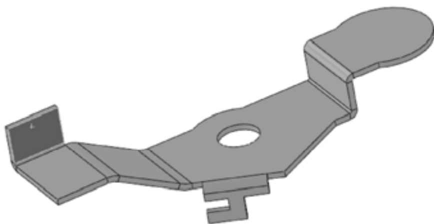



图 3-34 创建边线法兰

STEP 7 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择 STEP 6 中创建的边线法兰的内表面为草绘面，绘制图 3-35 左图所示的草绘图形为切除轮廓，完成草绘打开“拉伸”属性管理器，如图 3-35 中图所示，设置“终止条件”为完全贯穿，然后单击“确定”按钮拉伸切除出如图 3-35 右图所示的切口。



图 3-35 拉伸切除钣金

STEP 8 单击右侧“设计库”中的“添加文件位置”按钮，在弹出的对话框中选择添加本书素材文件夹，再右击添加的文件位置选择“成形工具文件夹”菜单，将此文件夹设置为成形工具文件夹，如图 3-36 所示。

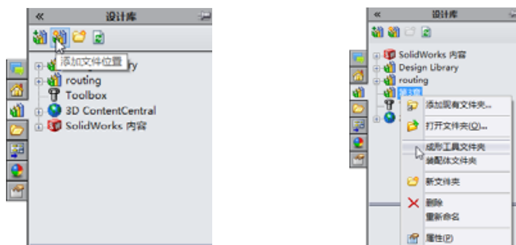


图 3-36 定义成形工具

STEP 9 选中新添加的成形工具文件夹，如图 3-37 左图所示，拖动此文件夹中的“工具1”文件到模型右端的表面上，在此表面显示出成形工具的大体位置和轮廓，如图 3-37 右图所示。

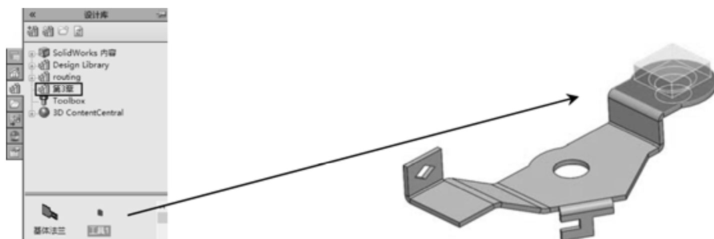


图 3-37 拖动成形工具

STEP 10 系统打开“成型工具特征”属性管理器，切换到“位置”选项卡，为成型工具的轮廓线与钣金外侧的圆形轮廓设置“同圆心”约束，以确定成型工具的位置，单击“确定”按钮，使用成型工具对模型进行冲压除料，完成整个模型的创建，如图 3-38 所示。

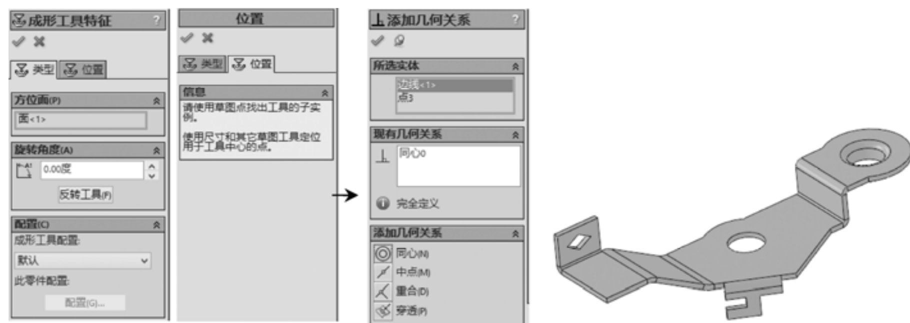


图 3-38　定义成形工具的位置

3.3　钣金编辑

本节讲解钣金的编辑特征，所添加的特征并不产生新的钣金实体，而是对原有实体进行的附加操作，以令钣金成型或将钣金展开等。

3.3.1　绘制的折弯

“绘制的折弯”是指将现有的钣金件沿折弯线的位置进行任意角度的弯曲变形，所形成的弯边特征（折弯线只能是直线），如图 3-39 所示（单击“钣金”工具栏中的“绘制的折弯”按钮可执行此操作）。

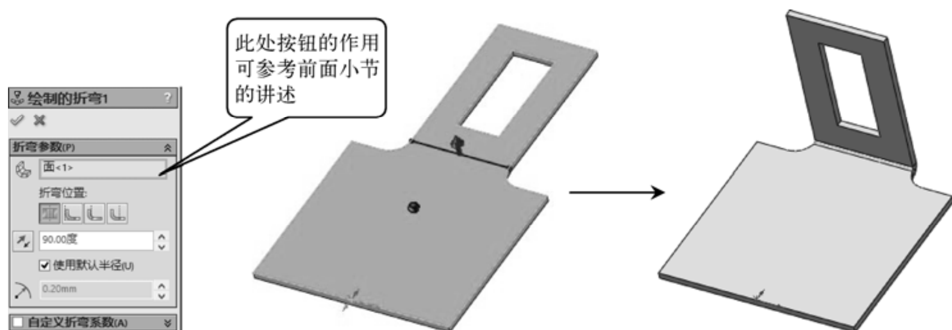


图 3-39　“绘制的折弯”操作

3.3.2　闭合角

所谓“闭合角”是指在两个相邻的折弯或类似折弯处进行连接操作，如图 3-40 所示。单击“钣金”工具栏中的“闭合角”按钮，然后选择两个相邻的弯边（分别为“要延伸的面”和“要匹配的面”），并设置相关参数即可执行“闭合角”操作。

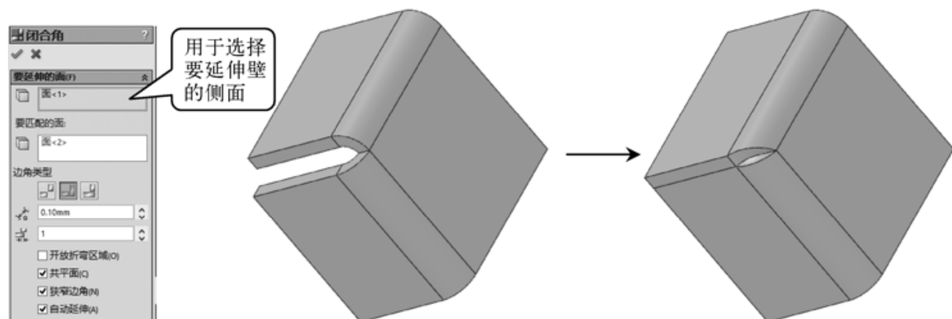


图 3-40 绘制“闭合角”操作

下面介绍一下“闭合角”对话框中各选项的作用，具体如下。

- “对接”边角类型：定义两个侧面（延伸壁）只是相接，如图 3-41 左图所示。
- “重叠”边角类型：定义两个延伸壁延伸到相互重叠，一个延伸壁位于另一个延伸壁之上，如图 3-41 左中图所示。
- “欠重叠”边角类型：也被称为“重叠在下”，用于定义两个延伸壁相互重叠，但是令两个延伸壁的位置互换，如图 3-41 右中图所示。
- “缝隙距离”文本框：用于定义两个延伸钣金壁间的距离。
- “重叠/欠重叠比率”文本框：用于定义两个延伸钣金壁间的延伸长度的比例。
- “开放折弯区域”复选框：用于定义折弯的区域是开放还是闭合，如图 3-41 右图所示为勾选此复选框时钣金闭合角的开放样式。
- “共平面”复选框：取消此复选框的勾选，所有共平面将会被选取。

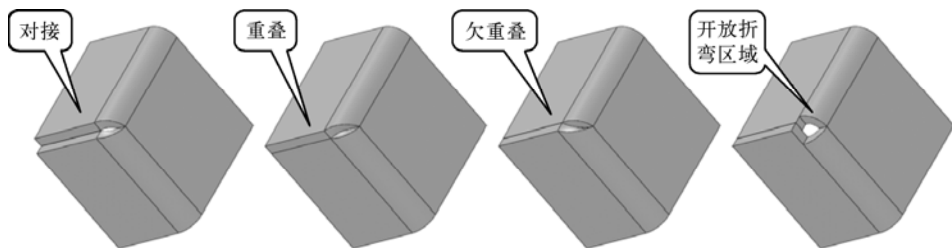
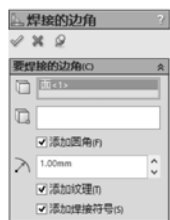


图 3-41 “闭合角”属性管理器各个选项的作用

- “狭窄边角”复选框：使用特殊算法以缩小折弯区域中的缝隙。实际上勾选此复选框后，位于“要匹配的面”处的折弯面将向“要延伸的面”弯折。
- “自动延伸”复选框：勾选此复选框后选择“要延伸的面”将自动选择“要匹配的面”，否则需要单独设置每个面。

3.3.3 焊接的边角

所谓“焊接的边角”是指在钣金闭合角的基础上，对钣金的边角进行焊接，以令钣金形成密实的焊接角，如图 3-42 所示。单击“钣金”工具栏中的“焊接的边角”按钮，然后选择一个闭合角的面，单击“确定”按钮，即可执行“焊接的边角”操作。



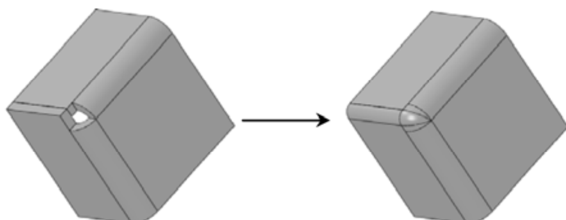
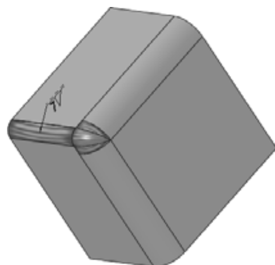
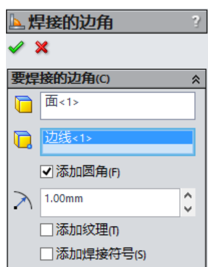


图 3-42 “焊接的边角”操作

“焊接的边角”属性管理器中的“添加纹理”和“添加焊接符号”复选框用于为焊接的边角添加纹理和添加焊接符号，如图 3-43 左图所示。“停止点”按钮用于选择顶点、面或一条边线来指定“焊接的边角”的停止面，如图 3-43 右面两个图所示。

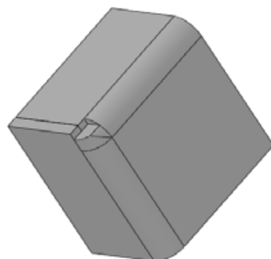


图 3-43 “焊接的边角”卷展栏中各选项的作用

3.3.4 断开边角/边角剪裁

所谓“断开边角/边角剪裁”是指对平板或弯边的尖角进行倒圆或倒斜角处理。单击“钣金”工具栏中的“断开边角/边角剪裁”按钮，打开“断开边角”对话框，如图 3-44 所示，设置了折断类型（“圆角”或“倒斜角”）和倒角的“半径”（或“距离”）值后，单击选择要进行倒角的边（或某个钣金面），即可完成倒角操作。



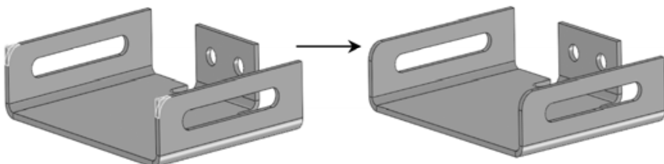


图 3-44 “断开边角/边角剪裁”操作



可以选择某个钣金面进行倒角操作，此时系统将自动判断此面中可以进行的倒角部分，并按设置的参数对所有角进行倒角，如图 3-45 所示。

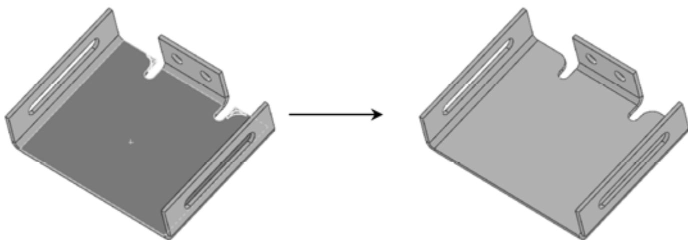


图 3-45　选择“面”进行的倒角操作

3.3.5 展开与折叠

所谓“展开”操作就是以成型的钣金部件为基础创建一个展开的平面特征，主要用于制作钣金件的平面图。

单击“钣金”工具栏中的“展开”按钮，打开图 3-46 左图所示的“展开 1”对话框，然后单击选择钣金部件的任意平整面作为“固定面”，单击“确定”按钮即可将钣金件展开，如图 3-46 右边两个图所示。

单击“钣金”工具栏中的“折叠”按钮，可以将展开的钣金重新进行折叠。另外单击“钣金”工具栏中的“展开”按钮，可以在钣金的“展开”状态和“折叠”状态间进行切换。

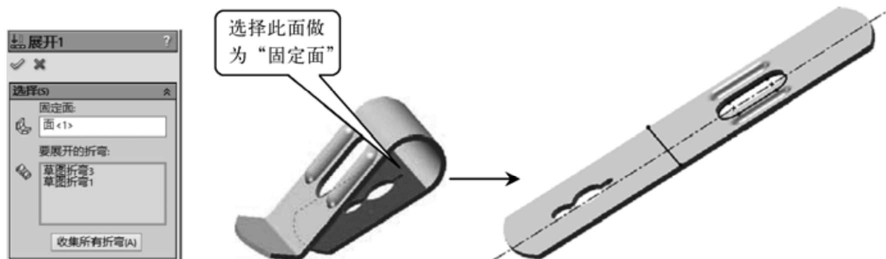


图 3-46　创建平面展开图

3.3.6 切口与折弯

通过为具有相同厚度的实体进行“切口”操作创建钣金切口，再通过“折弯”操作创建钣金的弯边可以将实体转换为钣金，下面看一个操作实例。

STEP 1 打开本书提供的素材文件“切口与折弯（素材）.SLDPRT”，如图 3-47 左图所示，单击“钣金”工具栏中的“切口”按钮，打开“切口”属性管理器，如图 3-47 中图所示，选择切口边线，并设置“切口缝隙”，单击“确定”按钮即可创建切口，如图 3-47 右图所示。



图 3-47　创建“切口”

STEP 2 单击“钣金”工具栏中的“折弯”按钮，打开“折弯”属性管理器，选择“固定面”，设置“折弯半径”和“自动切释放槽”的类型，单击“确定”按钮即可创建折弯（此时从左侧的模型树中可以发现当前模型已被转换为钣金），如图 3-48 所示。

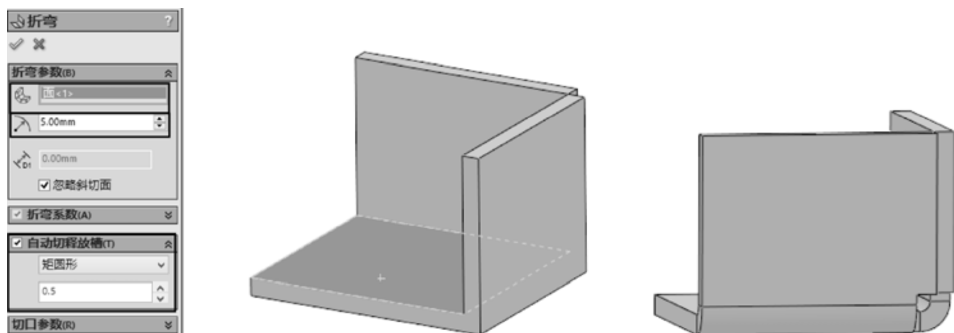


图 3-48　创建“折弯”

3.3.7 成型工具

“成型工具”按钮用于创建用于对钣金进行冲压的实体工具。首先创建一实体，然后单击“钣金”工具栏中的“成型工具”按钮，打开“成型工具”对话框，如图 3-49 左图所示，选择进行冲压的“停止面”和冲压后的移除面，单击“确定”按钮，即可创建用于实体冲压的“成型工具”，如图 3-49 中图所示。

将“成型工具”文件所在的文件夹添加到设计库中，并将此文件夹设置为“成型工具文件夹”，然后将定义的成型工具拖动到钣金面上，再设置好成形工具的位置，即可对钣金进行冲压（可参见“实例精讲——连接杆的钣金设计”中的操作）。

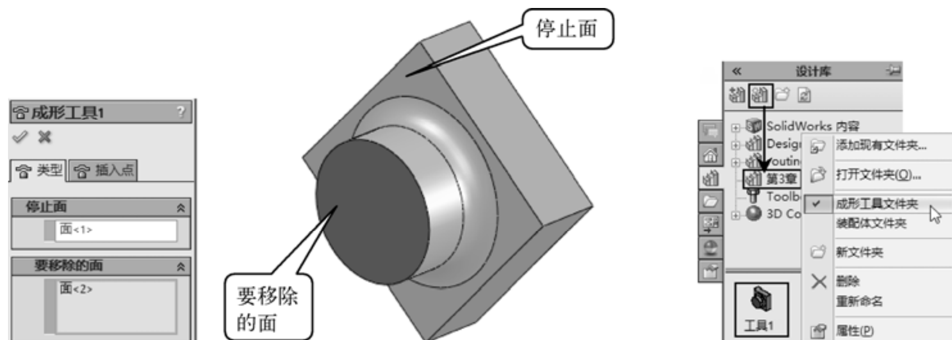


图 3-49　创建“成型工具”

实例精讲——硬盘架的钣金设计

下面设计一个“硬盘架”以熟悉前面学习的钣金知识，实例效果如图 3-50 所示。

【制作分析】

本实例将首先创建硬盘架的基体，然后通过“拉伸切除”“成形工具”“法兰”和“通风

口”等工具对基体进行处理，完成硬盘架的创建。

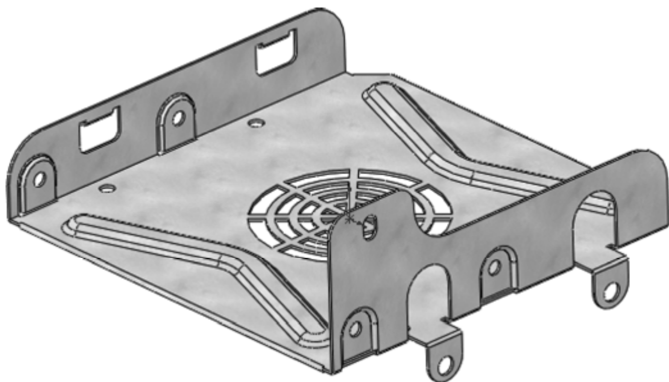


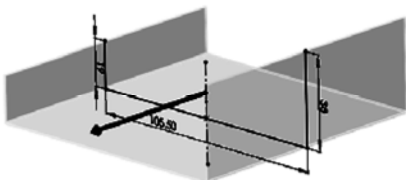


图 3-50　要创建的“硬盘架”模型

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件文件，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，选择前视基准面绘制一图 3-51 中图所示的草绘图形，设置“基体法兰”的各项参数，如图 3-51 左图所示，单击“确定”按钮创建硬盘架基体，如图 3-51 右图所示。





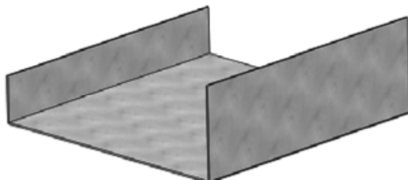


图 3-51　创建硬盘架基体

STEP 2 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择硬盘架基体一侧的外表面，创建一图 3-52 中图所示的草绘图形，设置“拉伸切除”的深度为 1.5，如图 3-52 左图所示，单击“确定”按钮拉伸切除出硬盘架的切口，如图 3-52 右图所示。





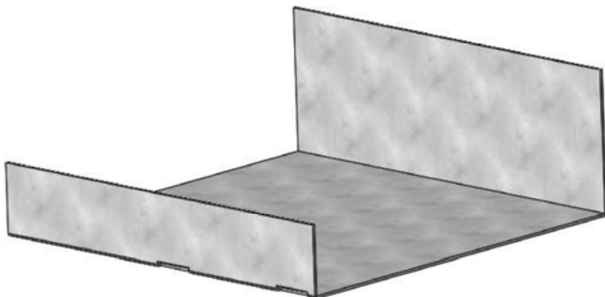


图 3-52　拉伸切除出硬盘架的切口

STEP 3 设置本书提供的素材文件夹“第 3 章”为成型工具文件夹，拖动“筋凸台工具 1”到钣金一侧的外表面上，并定义其位置，对钣金进行“压凹”处理，如图 3-53 所示。

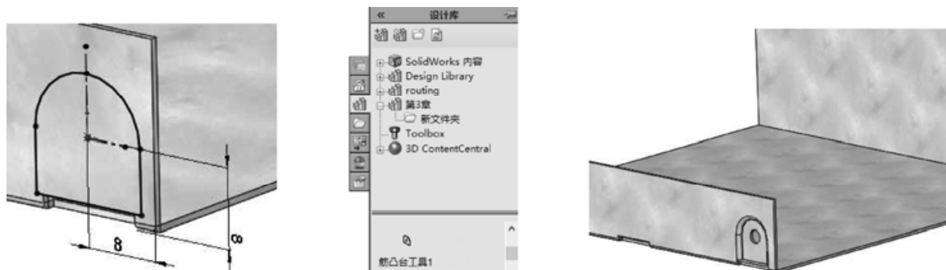


图 3-53　使用成型工具进行“压凹”处理

STEP 4 以 41.50 为间距对步骤 3 中创建的“压凹”特征进行阵列处理，再选择右视基准面对两个“压凹”特征和拉伸切除特征进行镜像处理，如图 3-54 所示。

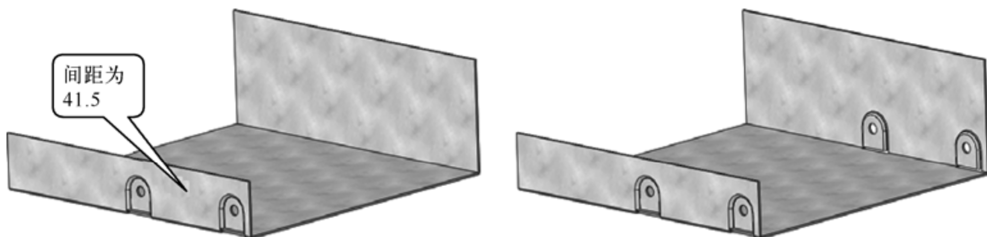


图 3-54　阵列并镜像压凹

STEP 5 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择钣金一侧的面绘制一图 3-55 右上图所示的草绘图形，设置“拉伸切除”的深度为 3，如图 3-55 左图所示，单击“确定”按钮对硬盘架的一边特征进行修剪，如图 3-55 右下图所示。

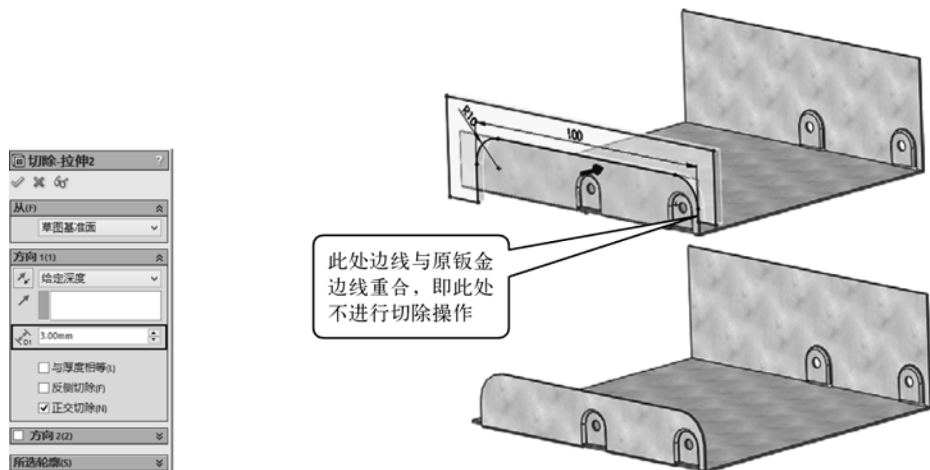


图 3-55　对硬盘架的一边进行拉伸切除

STEP 6 绘制图 3-56 左图所示的草绘图形，单击“拉伸切除”按钮，在钣金的一侧边上切除出以草绘图形为轮廓的切口，如图 3-56 右图所示。

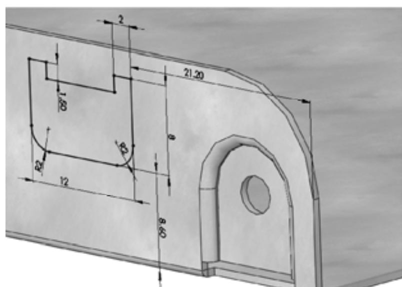
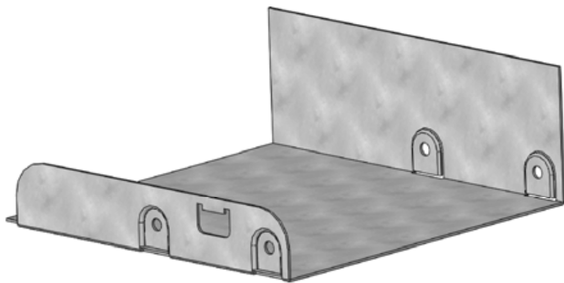



图 3-56　拉伸切除硬盘架一侧的切口

STEP 7 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择 STEP 6 中创建的切口上端的内侧边线，创建折弯角度为 80°，长度为 3.5 的边线法兰特征（其他选项保持系统默认），如图 3-57 所示。

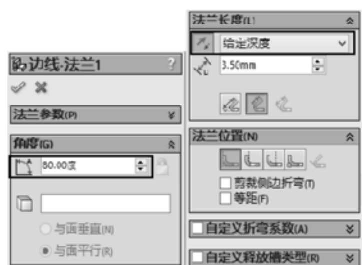
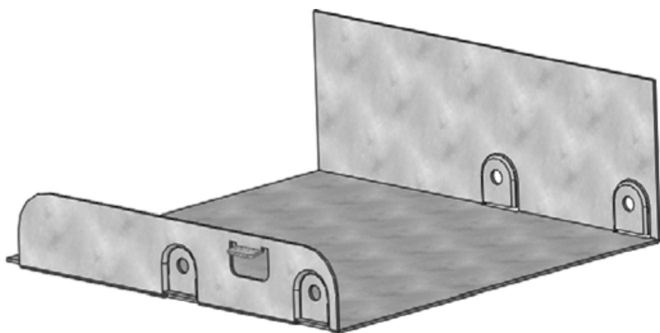



图 3-57　创建边线法兰

STEP 8 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，绘制一图 3-58 右上图所示的草绘图形，拉伸切除的深度设置为 2（见图 3-58 左图），对硬盘架的另外一边进行拉伸切除操作，如图 3-58 右下图所示。

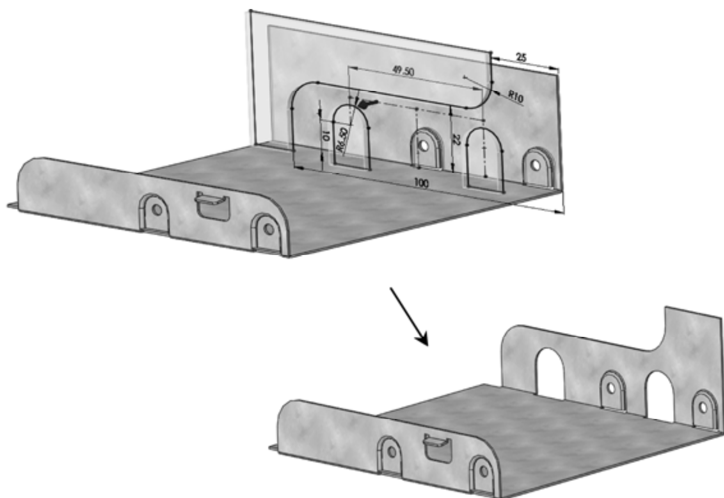



图 3-58　对硬盘架的另外一边进行拉伸切除



STEP 9 在硬盘架的上表面创建一图 3-59 左图所示的草绘图形，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，选择此草绘图形为硬盘架添加一向外凸出的薄片，如图 3-59 右图所示。

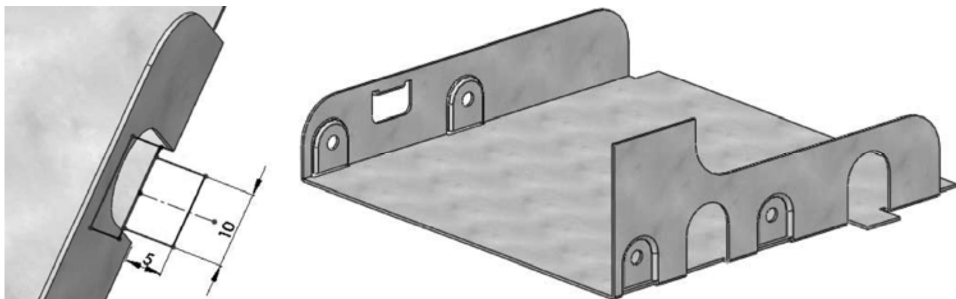


图 3-59　创建自定义形状的实体薄片

STEP 10 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择 STEP 9 中绘制的薄片的下边线，创建角度为 90° 的自定义法兰轮廓形状的边线法兰特征，如图 3-60 所示（法兰形状详见右上角放大图）。

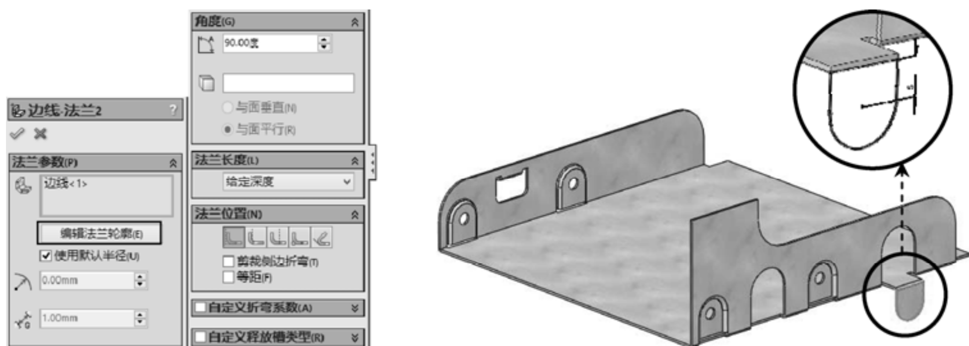


图 3-60　创建边线法兰

STEP 11 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择 STEP 10 中创建的自定义形状法兰的外表面，绘制一如图 3-61 左图所示的草绘图形，以“与厚度相等”方式，切除出此处的“螺钉孔”。

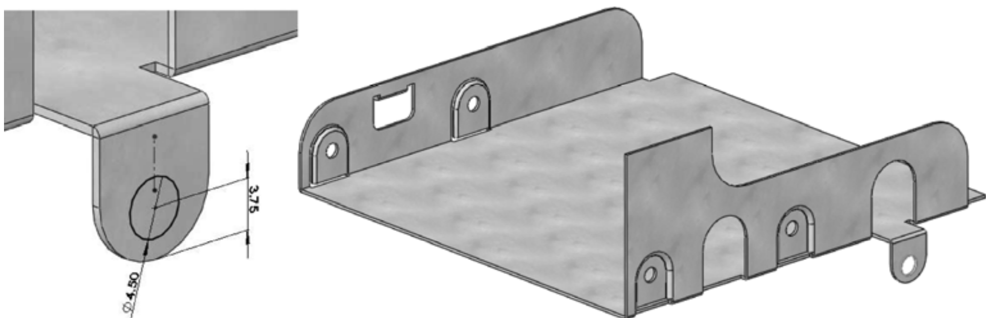


图 3-61　在边线法兰上创建“螺钉孔”

STEP 12 在设计库中设置本书提供的素材文件夹 010SC 为“成型工具文件夹”，拖动“筋凸台工具 2”到底面钣金的外表面上，并定义其位置，对钣金进行“压凹”处理，如图 3-62 所示。

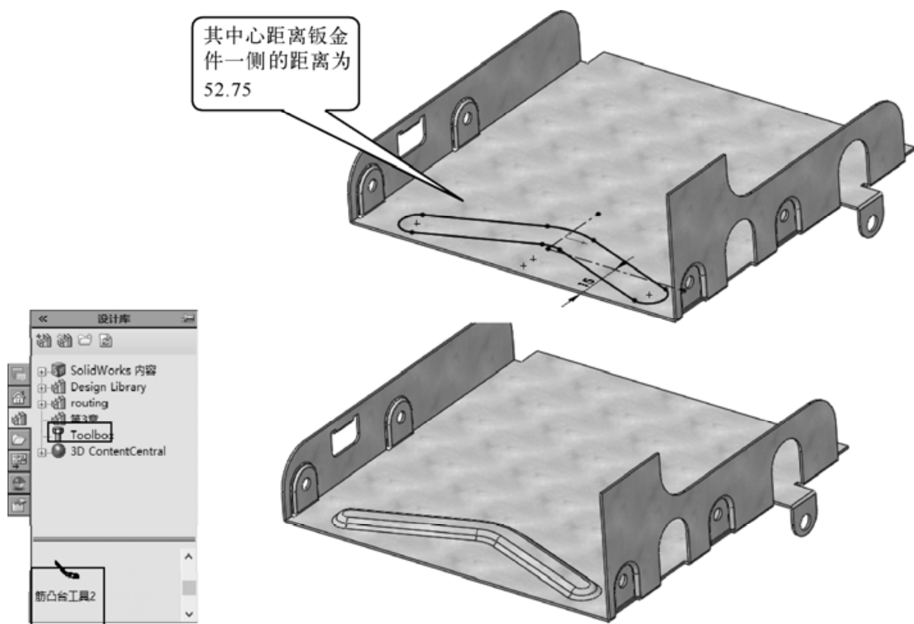


图 3-62 使用“成型工具”创建硬盘架的凸出筋

STEP 13 以“前视基准面”为镜像面对“钣金”的多个特征（包括“筋凸台工具 2”“薄片和其连接的边线法兰以及拉伸切除特征”“拉伸切除特征和其连接的边线法兰”）进行镜像处理，如图 3-63 所示。

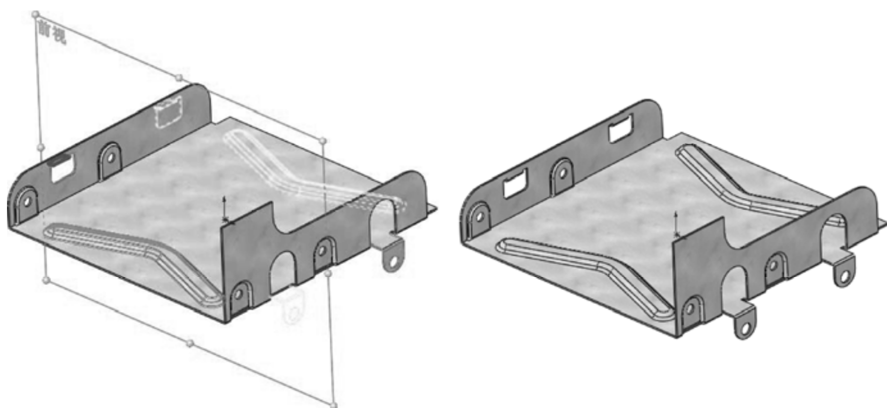


图 3-63 镜像凸出筋和其他特征

STEP 14 在模型的上表面上绘制图 3-64 右上图所示的草绘图形，选择“插入”>“扣合特征”>“通风口”按钮，选择草绘图形最外侧的圆弧为“边界”，选择所有直线为“筋”，选择内部圆弧为“翼梁”（宽度均为 2，如图 3-64 左图所示），创建“通风口”，如图 3-64 右下图所示。

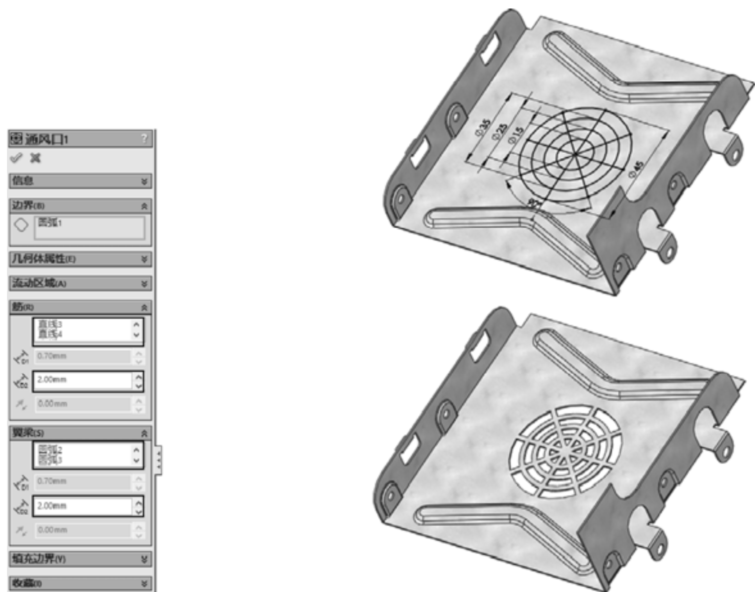


图 3-64　创建硬盘架的“通风口”

STEP 15 单击“钣金”工具栏中的“断开边角/边角剪裁”按钮，选择钣金右侧尖角创建长度为 6.5 的倒角，如图 3-65 左边两个图所示，再拉伸切除出距离钣金内侧为 4.3，大小为 3.5 的 4 个孔，如图 3-65 右图所示。

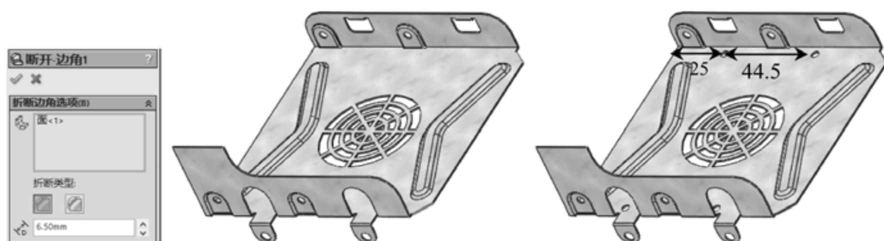


图 3-65　进行“断开边角/边角剪裁”处理并进行切除处理

STEP 16 拉伸切除出距离侧面距离为 2.85，距离下侧边界距离为 0.8，宽度为 0.2 的关于“右视基准面”对称的两个切口，如图 3-66 所示。

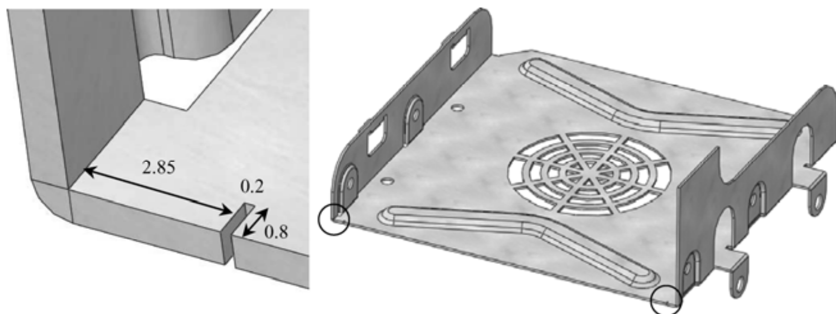


图 3-66　进行拉伸切除处理

STEP 17 单击“钣金”工具栏中的“褶边”按钮，分别选择钣金的两侧边线进行“褶边”处理（都选择“材料在内”和“闭环”方式，褶边长度均为 2.5），如图 3-67 所示。

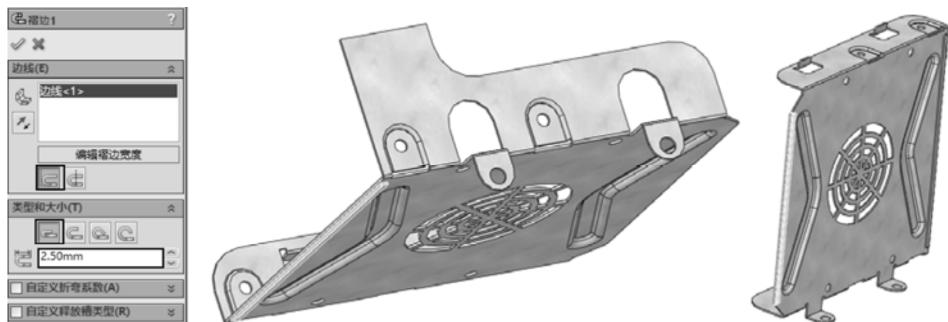


图 3-67 创建褶边

STEP 18 单击“钣金”工具栏的“断开边角/边角剪裁”按钮，以 5 为半径对硬盘架最顶部的两个钣金角进行圆角处理，再绘制图 3-68 中图所示的草绘图形，对钣金进行切除处理创建顶部用于固定的洞口，效果如图 3-68 右图所示，完成模型创建。

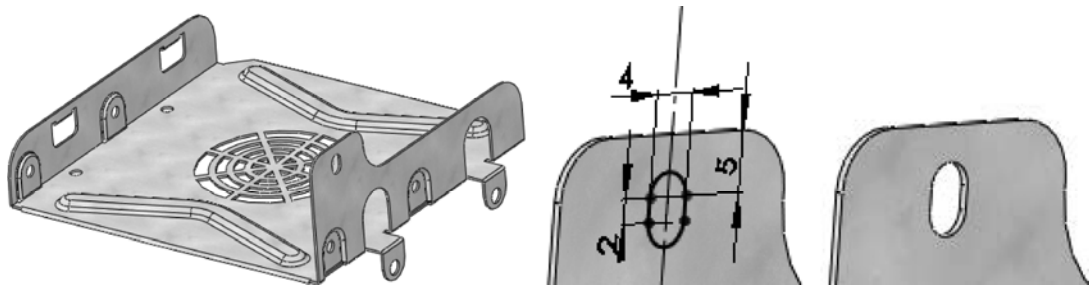


图 3-68 “断开边角/边角剪裁”处理和拉伸切除顶部用于固定的洞口

3.4 本章小结

本章简要介绍了钣金件的基础知识、钣金的设计方法和钣金的编辑方法，包括薄片、法兰和闭合角，以及对钣金进行展开和折叠等特征，并通过创建“连接杆”实例和“硬盘架”实例对所学知识进行了加深和巩固。

3.5 思考与练习

一、填空题

（1）将实体转变为钣金的钣金设计方式，多用于从其他 CAD 系统输入钣金件时，将输入的钣金件（此时为__________）通过插入__________转变为 SolidWorks 钣金零件。

（2）钣金零件的工程师为保证最终折弯成型后的零件为所期望的尺寸，会利用各种不同的算法来计算展开状态下备料的实际长度，其中最常用的方法是简单的____________。

（3）在折弯变形过程中，折弯圆角内侧材料被压缩、外侧材料被拉伸，而保持原有长度的材料呈圆弧线分布，这个圆弧线被称为＿＿＿＿＿＿。

（4）＿＿＿＿＿＿表示钣金中性线的位置，以钣金零件的厚度作为计算基准。

（5）折弯扣除与折弯系数实际上只是测量或定义方式不同的两个量，实际使用中都是用于确定零件＿＿＿＿＿＿的一个值。

（6）在 SolidWorks 的钣金设计树中，任何钣金件都将默认添加＿＿＿＿＿＿和＿＿＿＿＿＿两个特征。

（7）＿＿＿＿＿＿特征是主要的钣金创建工具，与“拉伸凸台/基体”命令类似，可以使用轮廓线拉伸出钣金。

（8）利用＿＿＿＿＿＿工具可以在指定边处，沿指定的路径进行弯边处理。

（9）＿＿＿＿＿＿是指将现有的钣金件沿折弯线的位置进行任意角度的弯曲成型，所形成的弯边特征。

（10）所谓＿＿＿＿＿＿＿＿＿是指对平板或弯边的尖角进行倒圆或倒斜角处理。

（11）所谓＿＿＿＿＿＿＿就是以成型的钣金部件为基础创建一个展开的平面特征，主要用于制作钣金件的平面图。

二、问答题

（1）共有几种钣金设计方式？并简述其操作。

（2）本章共讲解了哪几个钣金术语？这几个术语的主要作用是什么？

（3）添加释放槽的作用是什么？有哪几种释放槽类型？并简述每种释放槽的意义。

三、操作题

（1）使用本章所学的知识，创建图 3-69 所示的“起子”钣金模型。

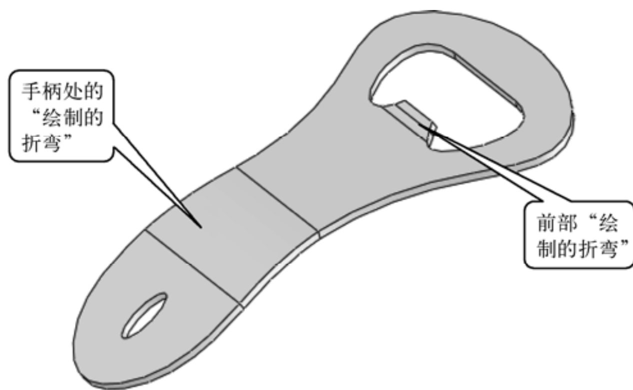


图 3-69　需创建的“起子”钣金模型



提示

> 可通过三步操作完成本模型，第一步创建草绘图形，第二步创建“起子”前部的折弯，第三步创建“起子”手柄处的折弯即可，起子模型各步操作的值可参见本书提供的素材文件 3-LX1-end.sldprt。

（2）使用本章所学的知识，创建图 3-70 左图所示的“夹子”钣金模型。

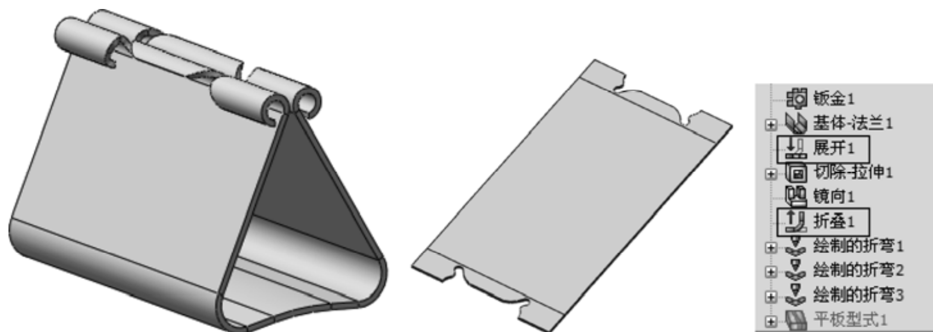
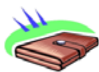


图 3-70　需创建的“夹子”模型和其主要创建界面图


提示

本实例主要通过拉伸切除和绘制的折弯操作创建，如图 3-70 右图所示，其中夹子两侧圆形弯曲部分需要在平面下进行拉伸切除操作，如图 3-70 中图所示，所以应灵活运用钣金的“展开”和“折叠”特征。

第 4 章　焊 件 设 计

本章要点

- 焊件概述
- 结构构件
- 附加焊件
- 其他焊件功能

学习目标

利用 SolidWorks 提供的焊件功能，可以轻松进行焊接件的设计。SolidWorks 所设计的焊件实体，除了可以用于生成焊件工程图外，还可以使用专门的机器人离线编程程序，提取出焊件中的复杂空间曲线，实现焊接机器人中焊缝程序的自动创建，从而可进行大规模结构构件的自动焊接（此技术在汽车生产中较常使用）。

需要注意的是，在 SolidWorks 中所创建的焊件，其焊接形式主要是应用最为广泛的“弧焊”，而不包括“点焊”和“气焊”等焊接形式。

本章主要讲述焊件设计和焊件工程图的生成方法。

4.1　焊件概述

焊接是一种重要的金属加工工艺，主要用于将两个或多个金属件连接为一个金属件。与其他连接方法相比较，焊件具有强度高、节省材料、接头致密性好等优点，在工业生产中，金属的焊接，特别是钢材的焊接应用最为广泛。图 4-1 所示为较典型的焊件。

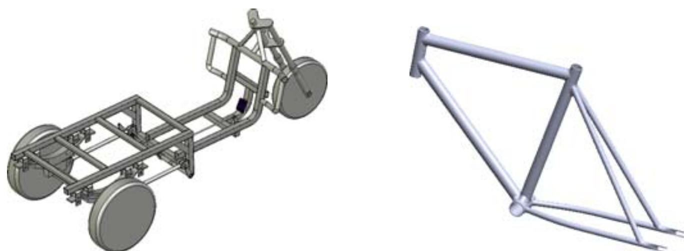


图 4-1　典型的焊件（左侧为三轮车架焊件，右侧为自行车焊件）

4.1.1　焊件工具栏

右键单击 SolidWorks 建模环境中顶部的空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“焊件”项，

可显示“焊件”工具栏，如图 4-2 所示。

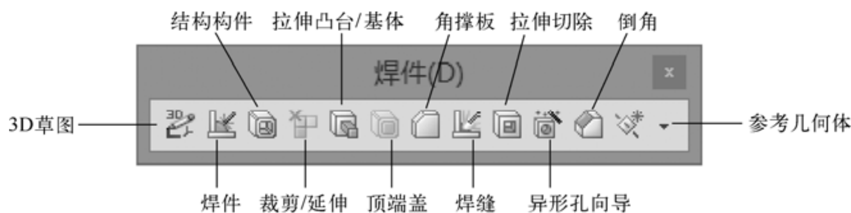


图 4-2 “焊件”工具栏

在焊件工具栏中同样具有“拉伸凸台/基体”“拉伸切除”“倒角”和“参考几何体”等特征，其功能也与实体操作时基本相同，所以在焊件上此类特征的使用，本文将不做单独讲述，而将重点讲述焊件中会经常用到的结构构件、圆角焊缝和顶端盖等特征。

4.1.2 焊件特征

在进行实体设计时，单击“焊件”工具栏中的“焊件”按钮（或选择“插入”>“焊件”>“焊件”菜单），可以将实体零件标记为焊接件，同时在左侧设计树中显示焊件特征标识，如图 4-3 所示。

焊接零件设计环境实际上是一个多实体的零件设计环境，即在焊接零件中，每一个结构构件或焊接特征都是一个独立的实体。

此外，在焊接零件中，系统将自动添加两个配置，如图 4-4 所示：

- 默认<按加工>：包含零件所有特征，除了焊接构件以外，还包含焊接零件中的孔和切除特征。
- 默认<按焊接>：只包含零件的构件和焊接实体，压缩包含孔在内的其他特征。

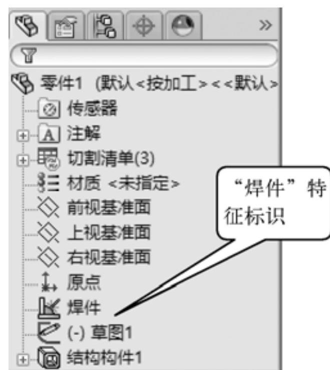


图 4-3 特征树中的“焊件”特征标识

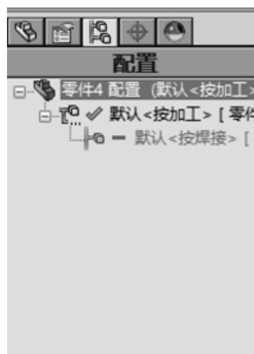


图 4-4 自动添加的配置



也可使用“焊件”工具条中的“结构构件”按钮直接生成焊件，系统会自动将零件标记为焊接件，并将焊件特征添加到左侧设计树中。

4.2 结构构件

在 SolidWorks 中，焊件实际上是为了方便设计一些主要由很多标准的管道、c 槽、sb 横梁、方形管、角铁和矩形管等组成的零件而设计的。

这些标准的管道、c 槽、sb 横梁、方形管、角铁和矩形管等在焊件中统称为结构构件，如图 4-5～图 4-10 所示。SolidWorks 中自带了存放这些标准件的库文件（主要分为 ANSI 英寸和 ISO 两种标准），可以直接将这些结构构件添加到符合要求的草图中。

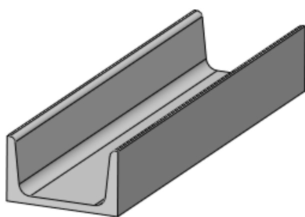


图 4-5　c 槽

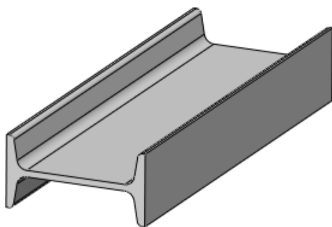


图 4-6　sb 横梁

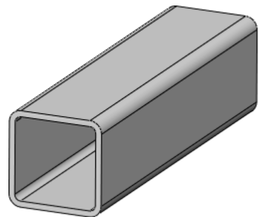


图 4-7　方形管

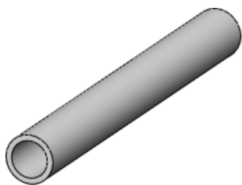


图 4-8　管道

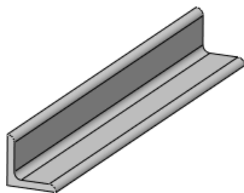


图 4-9　角铁

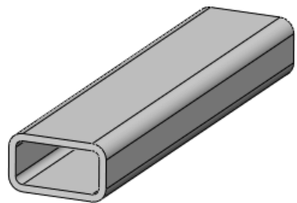


图 4-10　矩形管

焊接的意义就在于将这些标准件进行排列和组合，或与其他非焊接标准件实体进行焊接，从而设计出符合要求的机件或零件。

下面就来看一下设计结构构件的过程。

4.2.1 添加结构构件

首先绘制好结构构件的路径草图，然后单击“焊件”工具栏中的“结构构件”按钮（或选择“插入”>“焊件”>“结构构件”菜单），选中绘制好的路径草图，并在“结构构件”属性管理器中依次选择结构构件的“标准”“类型”和“大小”，单击“确定”按钮，即可添加结构构件，如图 4-11 所示。

单击“结构构件”属性管理器中的“设定”按钮，打开“设定”卷展栏，如图 4-12 所示，在此卷展栏中可以对“结构构件”的更多选项进行设置。下面解释一下其中部分选项的功能和意义：

- **“合并圆弧段实体”**复选框：如果路径草图中有相切的圆弧段，将显示此复选框，勾选此复选框后将合并圆弧段和相邻实体为一个实体，否则每个曲面实体将生成单独实体。
- **“应用边角处理”**复选框：当结构构件在边角处交叉时，用于定义如何剪裁结构构件的重叠部分（关于其意义和作用详见下面 4.2.3 节中的讲述）。

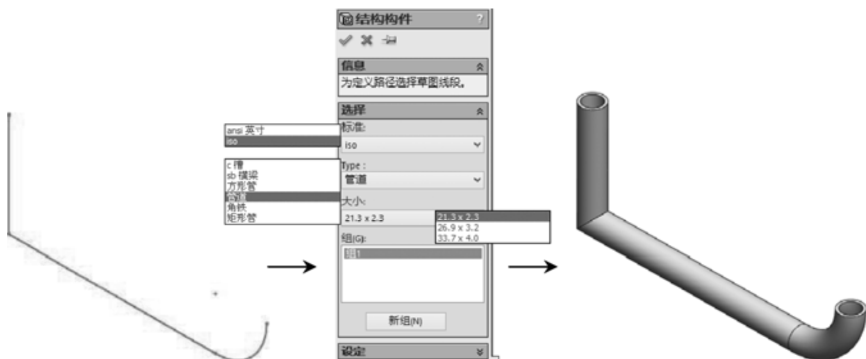


图 4-11 创建“结构构件”操作

➢ **“镜像轮廓”**复选框：用于定义结构构件截面轮廓的方向，勾选此复选框后，可以将轮廓按照水平轴镜像或竖直轴镜像，如图 4-13 所示。



图 4-12 “设定”卷展栏

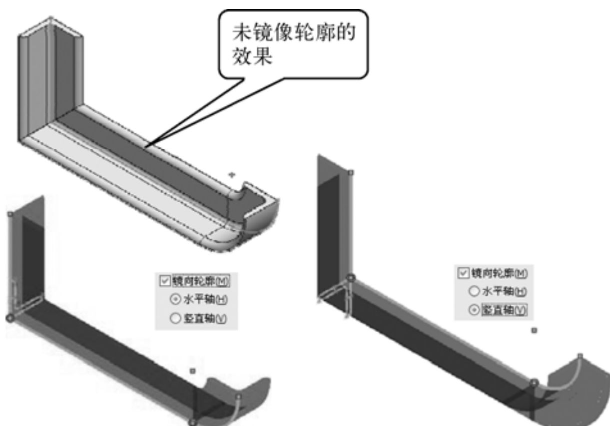


图 4-13 “镜像轮廓”复选框的作用

➢ **“对齐”**选择列表框：通过此列表框可令截面轮廓的水平轴或竖直轴与所选定的参考轴对齐，如图 4-14 所示（通过下面的“旋转角度”文本框则可以具体定义轮廓与参考轴的夹角大小）。

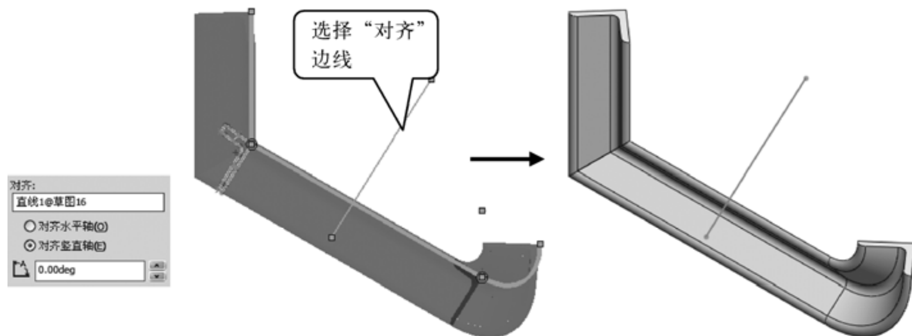


图 4-14 “镜像轮廓”复选框的作用

➢ **“找出轮廓”**按钮：单击此按钮后可将视图放大到的结构构件的截面轮廓，并可通过单击定义“穿透点”处于截面轮廓的位置，如图 4-15 所示（“穿透点”默认位于截面轮廓的草图原点）。

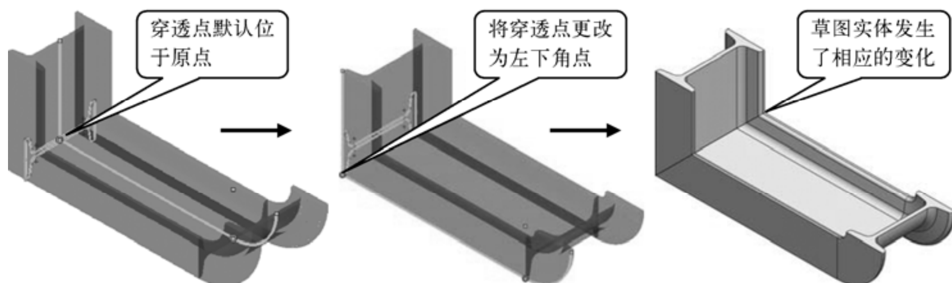


图 4-15 “找出轮廓”按钮的作用


提示

> 此外，在“结构构件”属性管理器的“选择”卷展栏中单击“新组”按钮，可以选择多个草图作为结构构件的路径，并且可分别为每个组设定参数。

4.2.2 关于结构构件的路径草图

在绘制用作结构构件布局的草图时，用户应注意如下几点：

➢ 可以使用 2D 或 3D 草图，也可以混合使用两种类型的草图，作为结构构件的路径曲线。但是应避免将所有的路径线段绘制在一个草图中，应注意平衡草图的复杂程度与其他操作的利益关系，并且不可使用样条曲线作为结构构件的路径。
➢ 在同一个组中的路径线段必须满足如下条件：相连；不相连，但相互平行，否则需要使用两个组来选择路径曲线。
➢ 路径线段拆分方式的数量决定了结构件在其交点处的剪裁方式，如图 4-16 所示。

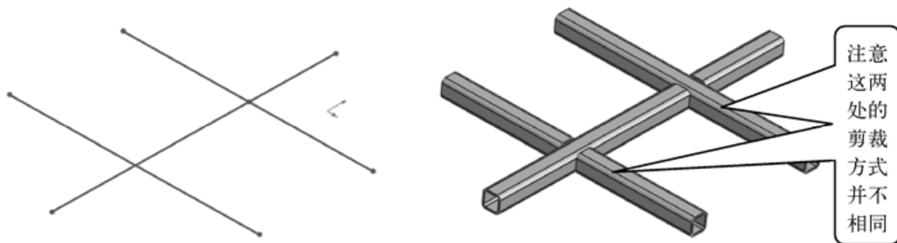


图 4-16 路径线段对于剪裁的影响

➢ 同一操作中，不能选择超过两个共享端点的路径线段建立构件，如图 4-17 所示，因此要建立角落部分的构件，必须通过创建“新组”来实现。

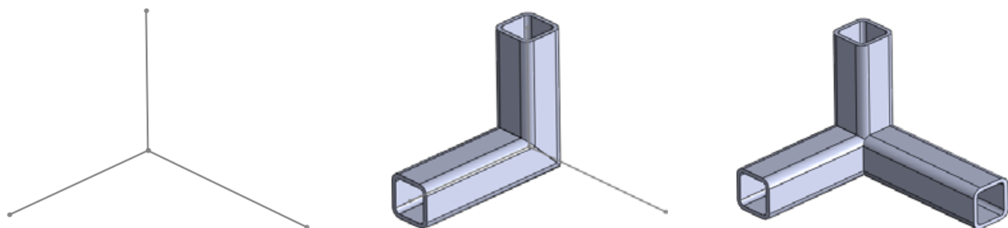


图 4-17 角落处的结构构件

4.2.3 边角处理

在创建结构构件的过程中，当结构构件在边角处交叉时，可以在“结构构件”属性管理器中定义剪裁结构构件重叠部分的方式，如图 4-12 所示。共有三种剪裁方式，分别为终端斜接、终端对接 1 和终端对接 2，其效果如图 4-18 所示。

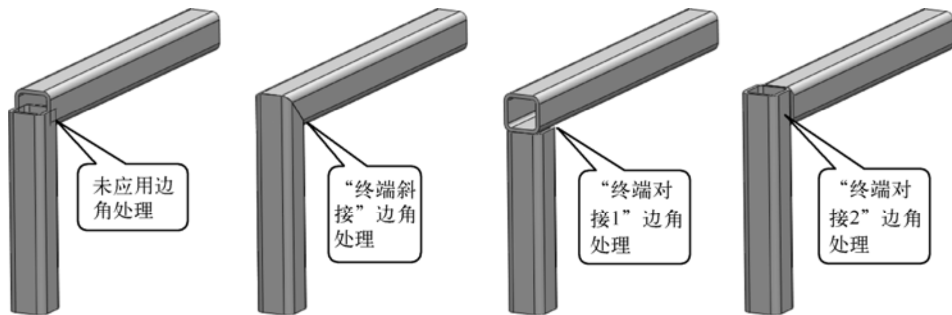


图 4-18 边角处理效果

SolidWorks 焊接件的边角处理方式在实际加工中较为常见，其意义此处不做过多解释。

此外，在选用终端对接边角处理方式时，还可以选择对接的方式，分别为“链接线段之间的简单切除”和“链接线段之间的封顶切除”，其效果如图 4-19 所示，其中“链接线段间的封顶切除”可理解为以其中一个结构构件的轮廓来剪裁另外一个结构构件。

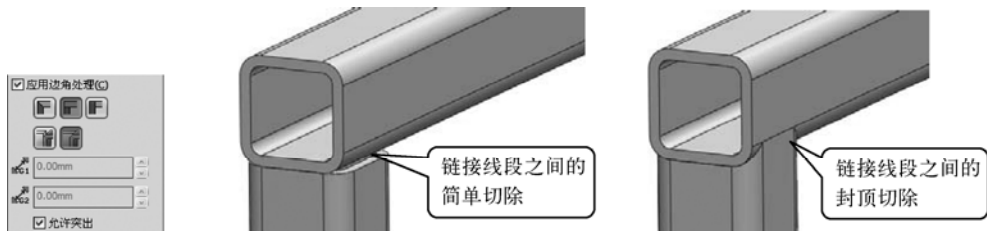


图 4-19 边角对接的方式

在选择“终端斜接”边角处理方式时，其下面的“在同一组中链接的线段之间的缝隙”文本框可用，用于设置“终端斜接”边角间，两个结构构件间的缝隙，如图 4-20 中图所示，此缝隙可用后面将要学到的“圆角焊缝”填充，如图 4-20 右图所示。





图 4-20 “在同一组中链接的线段之间的缝隙”文本框的作用和在缝隙间添加的焊缝

如果结构构件的边角是由两组线段的结构件构成的，则在创建结构构件时，“不同组线段之间的缝隙”文本框可用，此时可通过此文本框设置不同组线段所构成的结构构件边角处的缝隙距离，如图 4-21 所示。

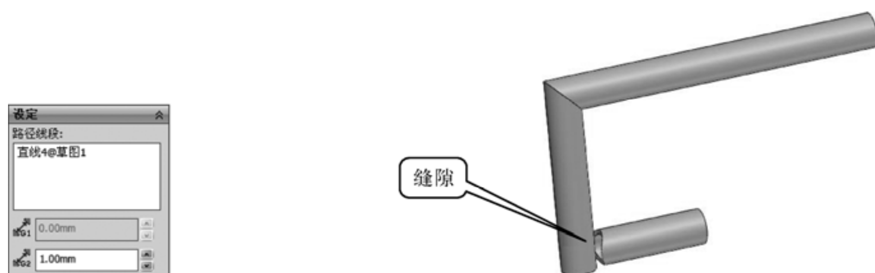


图 4-21 “不同组线段之间的缝隙”文本框的作用

此外，如果一个结构构件中同时具有多个边角，在创建结构构件时，单击每个边角路径的端点，可以在打开的对话框中单独设置此边角的处理方式，如图 4-22 所示。

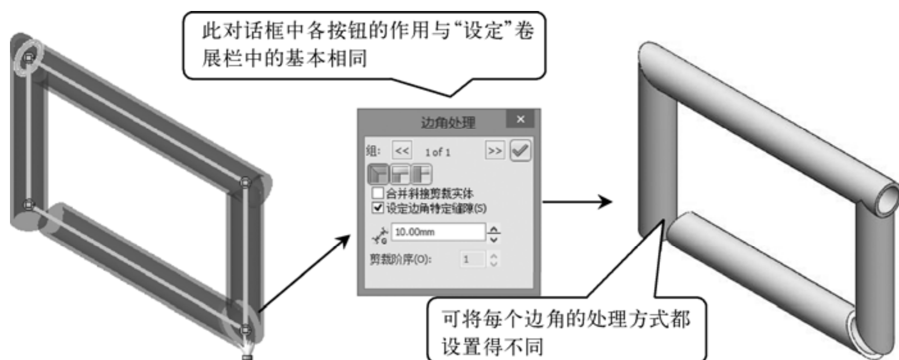


图 4-22 单独边角的处理

4.2.4 自定义结构构件的轮廓

SolidWorks 软件焊件轮廓库中只有 ANSI 英寸和 ISO 两种标准的结构构件轮廓，种类有限，因此很多时候我们国内的设计人员要根据国内或企业标准来自定义结构构件的轮廓以供使用。下面就来讲一下如何自定义结构构件的轮廓，具体步骤如下。

STEP 1 新建一零件文件，并进入任一基准面的草绘环境，绘制图 4-23 所示的草绘图形（注意将草图的中心定义为坐标原点，此原点将被作为穿透点）。

STEP 2 在不退出草绘环境的前提下，单击窗口左侧的“设计库”标签，如图 4-24 所示，在打开的标签栏中单击“添加到库”按钮，打开“添加到库”属性管理器。

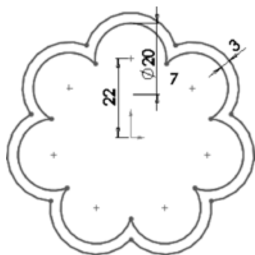


图 4-23 绘制的截面草图



图 4-24 单击“添加到库”按钮

STEP 3 在打开的“添加到库”属性管理器中，选择新绘制的草图轮廓作为“要添加的项目”，如图 4-25 所示。

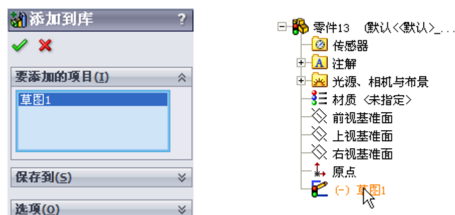


图 4-25 选择要添加到库的草图轮廓

STEP 4 打开“添加到库”属性管理器的“保存到”标签栏，如图 4-26 左图所示，在“文件名称”文本框中输入结构构件截面轮廓的名称为“米 22×7×20×3”

STEP 5 选择“设计库文件夹”的路径为“weldment profiles”>“iso”>“自定义”（如无此路径，则可参照下面提示进行操作），如图 4-26 中图所示。

STEP 6 再打开“添加到库”属性管理器的“选项”标签栏，如图 4-26 右图所示，在文件类型下拉列表中选择要保存的文件类型为“*.sldlfp”，并输入说明信息，单击“添加到库”属性管理器的“确定”按钮，完成结构构件轮廓的创建。

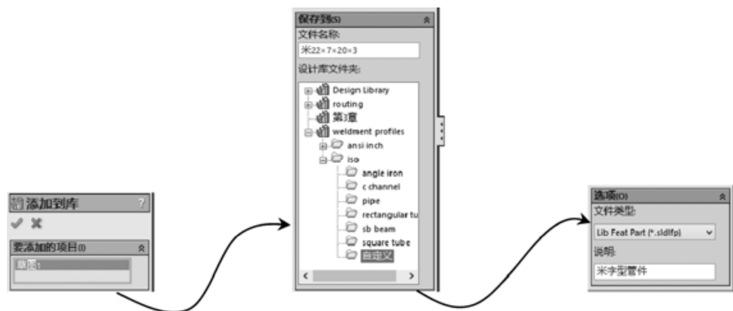


图 4-26 单独边角的处理



提示

如“设计库文件夹”路径中无“weldment profiles”目录，则需要单击右侧“设计库”标签栏顶部的“添加文件位置”按钮，将“C:\Program Files\SolidWorks Corp\SolidWorks\lang\chinese-simplified\weldment profiles”文件位置添加到设计库中，并在\weldment profiles\iso\”文件夹下新建一“自定义”文件夹。



STEP 7 新建一零件文件，并绘制图 4-27 左图所示的草图，然后单击“焊件”工具条中的“结构构件”按钮，打开“结构构件”属性管理器，选择草绘路径，再依次选择“iso”“自定义”和“米 22×7×20×3”选项，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮，即可使用自定义的轮廓绘制结构构件，如图 4-27 右侧两图所示。

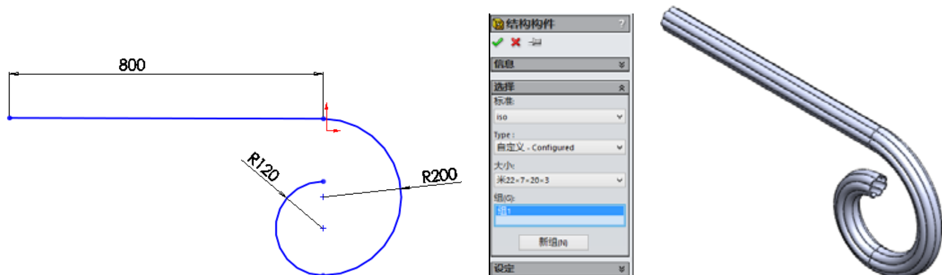


图 4-27　自定义轮廓的使用

4.2.5 剪裁/延伸结构构件

除了可自动裁剪结构构件的边角外，如多次添加的结构构件出现交叉，则可以使用系统提供的“剪裁/延伸”功能对结构构件相交的部分进行剪裁。可以将结构件剪裁到一个现有的结构件实体，或一个平面表面，下面看一个剪裁操作。

STEP 1 打开本书提供的素材文件“剪裁延伸结构构件（素材）.SLDPRT”，如图 4-28 左图所示，然后单击“焊件”工具条中的“剪裁/延伸”按钮，打开“剪裁/延伸”属性管理器，如图 4-28 中图所示，使用系统默认的“终端剪裁”方式，选择素材文件中间细的结构构件为“要剪裁的实体”，选择两侧粗的结构构件为剪裁边界，如图 4-28 右图所示。

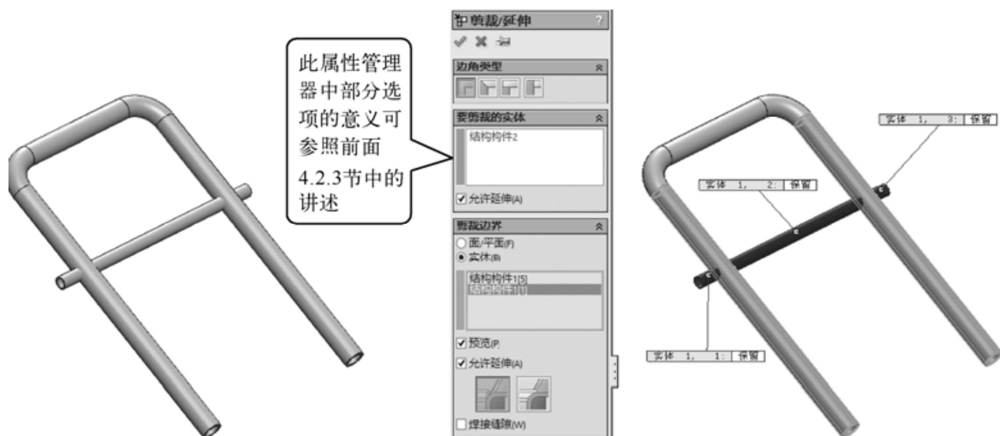


图 4-28　打开的素材文件、“剪裁/延伸”属性管理器和选择的剪裁实体和剪裁边界

STEP 2 双击被剪裁实体两侧“标注”上的“保留”文字，将其切换为“丢弃”，即表明此部分材料将被丢弃，如图 4-29 左所示，单击“确定”按钮完成剪裁操作，其效果如图 4-29 右图所示。

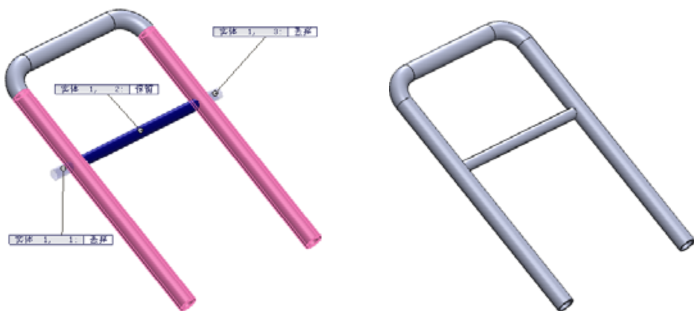


图 4-29　自定义轮廓的使用



提示

> “剪裁/延伸”属性管理器，如图 4-28 中图所示，除了“终端剪裁”方式外右侧还有三种剪裁方式，这三种剪裁方式多用于结构构件的边角处理，其作用和意义可参照前面 4.2.3 节中的讲述。
>
> 此外，在进行“终端剪裁”时，除了可以选择实体作为裁剪边界外，还可以选择曲面或平面作为裁剪的边界。如选择“焊接缝隙”按钮，则可以设置被剪裁的结构构件与裁剪边界间的距离。

实例精讲——焊接座椅

下面讲解使用结构构件“焊接座椅”的例子，以加深对“焊件”的理解。在本实例的创建过程中会用到 4.3 节将要讲到的“焊缝”和“顶端盖”特征，如操作步骤难于理解，也可先行学习后面的内容。

【制作分析】

本实例所使用的草图曲线如图 4-30 左图所示，所绘制的实体如图 4-30 右图所示。两侧的扶手为管道类金属件，后面和两侧的固定件为矩形管类结构构件，金属件的关键部分需要进行焊接，座椅面为木材，下面看一下操作。

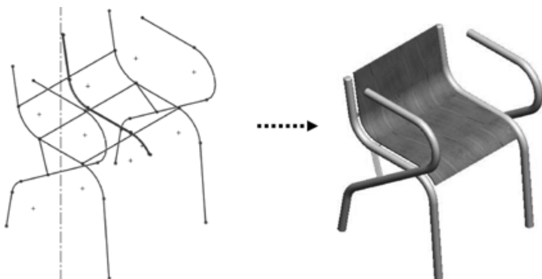


图 4-30　椅子的草图曲线和绘制的椅子模型

【制作步骤】

STEP 1 首先新建一零件类型的文件，并分别创建图 4-31 所示的两个草图，并将其分别

以“管道 30×26”和“矩形管 20×10×2”为文件名，以 SLDLFP 文件类型添加到系统库的“座椅”文件夹下（需新建此文件夹），作为构件轮廓。

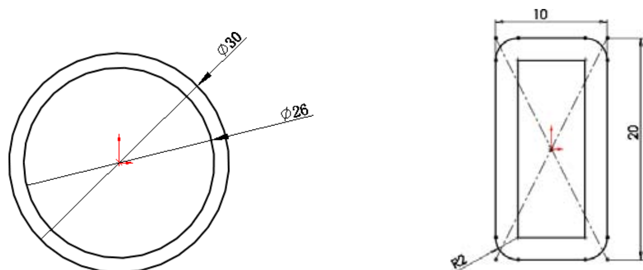


图 4-31　绘制两个结构构件的轮廓草图并将其添加到系统库中

STEP 2 打开本书提供的素材文件“焊接座椅（素材）.SLDPRT”，如图 4-32 左图所示，单击“焊件”工具栏的“结构构件”按钮，打开“结构构件”属性管理器，如图 4-32 中图所示，依次选择“ISO”“椅子”和“管道 30×26”选项，再通过 4 个组选择 4 个草绘路径，如图 4-32 右图所示，单击“确定”按钮首先创建管道类结构构件。

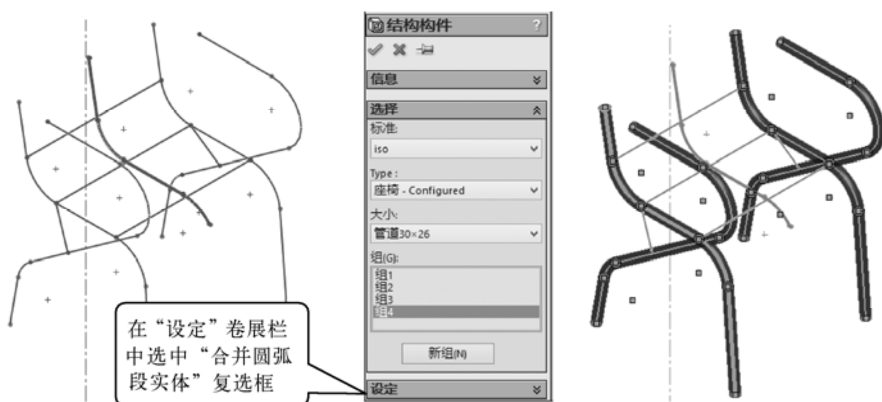


图 4-32　创建管道类结构构件

STEP 3 通过相同操作创建椅子的矩形管类结构构件，如图 4-33 所示。

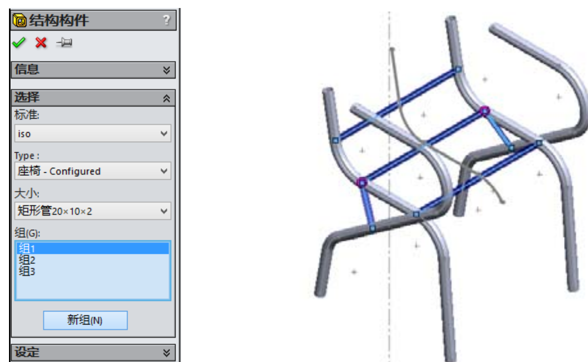


图 4-33　创建矩形管类结构构件

STEP 4 单击“焊件”工具栏的“剪裁/延伸”按钮，选择椅背和椅座的 3 个矩形管类结构构件作为要剪裁的实体，再选择两侧相接的管道类构件作为剪裁边界，并在操作区中设置中间矩形管类构件的两侧材料为“丢弃”，执行剪裁操作，如图 4-34 所示。

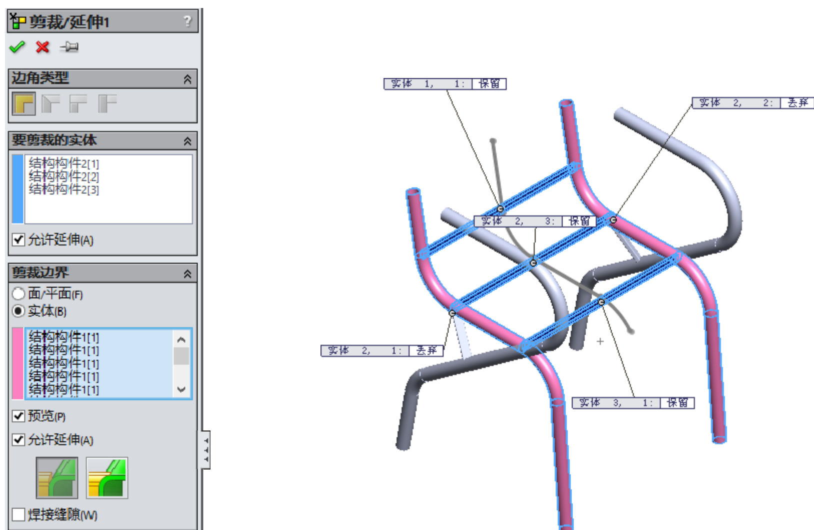


图 4-34　修剪结构构件 1

STEP 5 通过与 STEP 4 相同的操作，对椅子底部的两个矩形管类结构构件进行剪裁操作，如图 4-35 所示。

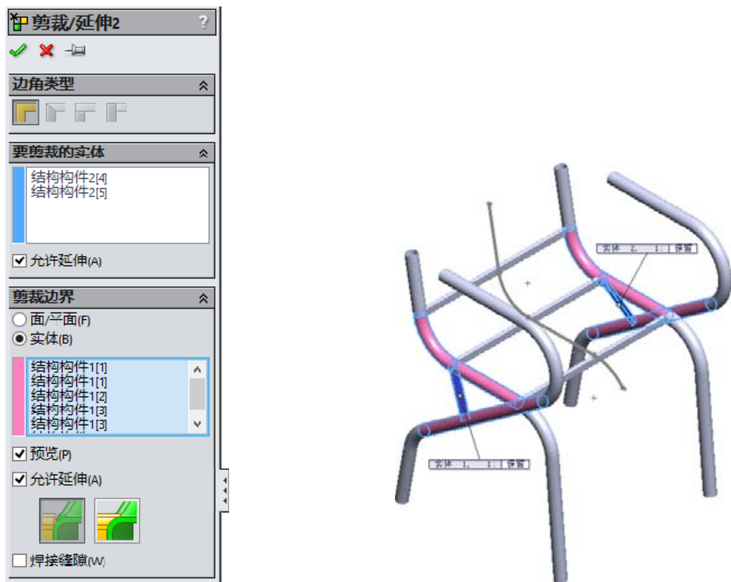
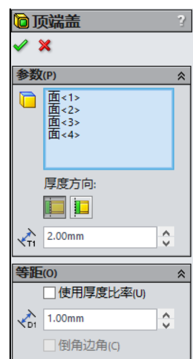


图 4-35　修剪结构构件 2

STEP 6 单击“焊件”工具栏的“顶端盖”按钮，设置顶端盖的厚度为 2，设置顶端距离为 1，选择椅子腿部的 4 个底面，单击“确定”按钮为其添加顶端盖，如图 4-36 所示。



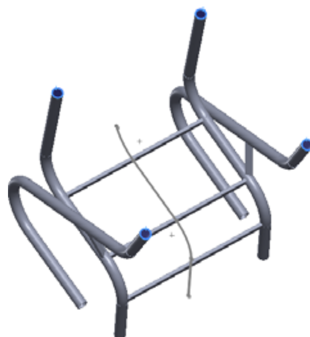


图 4-36　创建顶端盖

STEP 7 单击“焊件”工具栏的“焊缝”按钮，打开“焊缝”属性管理器，如图 4-37 左图所示，选择椅子左侧相接的两段管材作为焊接面，如图 4-37 右图所示意，圆角大小保持系统默认为 3，单击“确定”按钮创建焊缝。



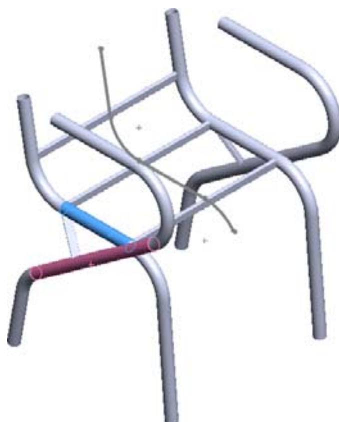


图 4-37　创建焊缝 1

STEP 8 创建的焊缝效果如图 4-38 左图所示，通过相同操作为右侧管件，及管件与矩形管类构件之间，添加进行焊接的地方添加焊缝，焊缝大小都为 3，其效果如图 4-38 右图所示。

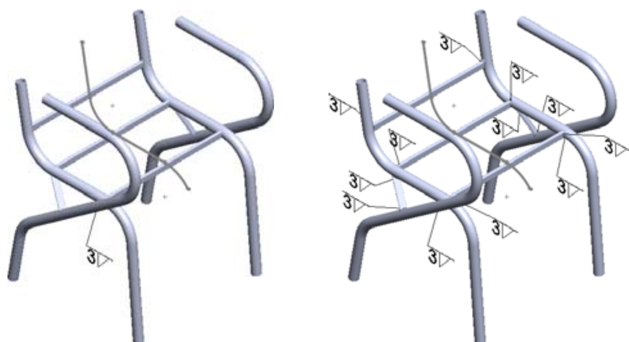
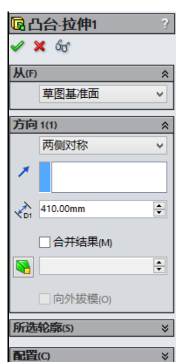


图 4-38　创建焊缝 2

STEP 9 单击“焊件”工具栏的“凸台-拉伸”按钮，选择“草图 5”作为拉伸轮廓，设置拉伸距离为 410，拉伸出椅子的座椅面，如图 4-39 所示。



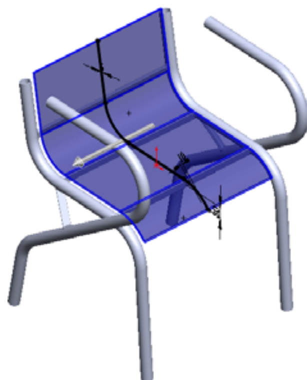


图 4-39　拉伸出椅面

STEP 10 单击“焊件”工具栏的“参考几何体”下的“基准面”按钮，创建一个距离椅把后侧管道端口面 5 的基准面，如图 4-40 所示。

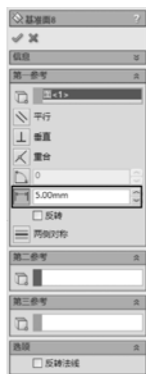



图 4-40　创建基准面

STEP 11 进入新创建基准面的草绘模式，添加两个与椅把截面同圆心的两个基准点，如图 4-43 左图所示，然后单击“放样/凸台-基体”按钮，以椅把的外围轮廓和刚创建的基准点为轮廓，以“开始约束”为垂直与轮廓方式，创建的椅把端口处的封闭件，如图 4-41 右图所示。

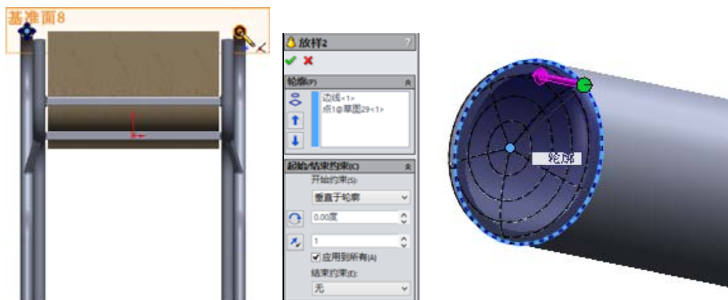


图 4-41　创建参考点并放样出管端的特征

STEP 12 通过与 STEP 11 相同的操作，创建椅背顶部端口出的封闭件，如图 4-42 所示，完成整个椅子的创建操作。



图 4-42　放样管端特征

4.3　附加焊件

所谓“附加焊件”，这里主要指附加到焊件上的对焊件起连接作用的“焊缝”“角撑板”和“顶端盖”，其效果如图 4-43 所示，下面看一下相关创建操作。

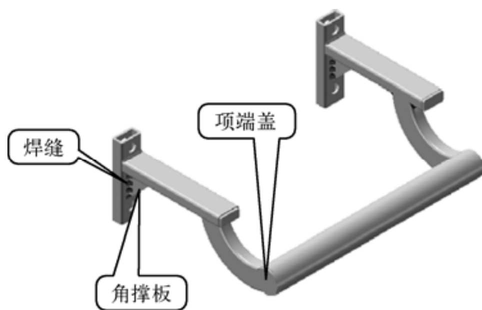


图 4-43　附加焊件

4.3.1　焊缝

使用“焊缝”特征工具可以在任何交叉的焊件实体（如结构构件、平板焊件或角撑板）之间添加焊缝。

单击“焊接”工具栏中的“焊缝”按钮，打开“焊缝”属性管理器，设置焊缝半径，然后依次选择两个相邻的面组（或选择相交线），单击“确定”按钮即可为结构构件添加焊缝，如图 4-44 所示。



知识库

在“焊缝”属性管理器中，勾选“切线延伸”复选框，可以沿着相切的交叉边线自动延伸焊缝；此外，单击“新焊缝路径”按钮，则可以一次创建多条焊缝。



图 4-44　创建焊缝操作

此外，如图 4-44 中图所示，在“焊缝”属性管理器的“设定”卷展栏中，选中“选择”单选按钮，将只在两个面的交线位置处创建焊缝；如选中“两边”单选按钮，则将在所选面的对侧面同时创建焊缝；此外，如选中“全周”单选按钮，则将在其中一个面的周边面上全部创建焊缝。

在“焊缝”属性管理器中，如勾选“断续焊接”复选框，那么可为焊件添加间歇焊缝，间歇焊缝是一种具有一定间距的焊缝形式，如图 4-45 所示，在创建间歇焊缝时，可以定义“焊缝长度”和“焊缝间距”(或“节距”与“焊接长度”)。勾选“交错”复选框可令焊缝交错分布，如图 4-46 所示。

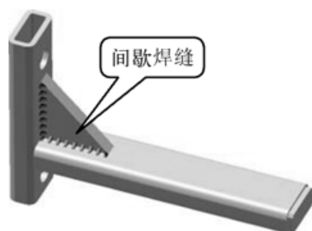


图 4-45 “间歇”焊缝

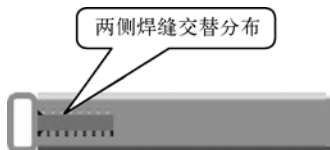


图 4-46 “交错”焊缝

此外，勾选“‘从/到’长度”复选框，则可在面的相交线上自定义焊缝的长度。



实际上，选择“插入”>“焊件”>“圆角焊缝”菜单，还可为焊件添加“圆角焊缝”。“圆角焊缝”与“焊缝”不同，是可以直接选择的焊缝实体（“焊缝”原则上不是实体，类似于“注解”中的“装饰螺纹线”），但是却无法在“工程图”的“焊接表”中被使用，所以在新版本中多推荐不使用此特征。

此外，添加的“焊缝”特征会默认归类于“焊接文件夹”中，而“圆角焊缝”由于是实体，则会以实体特征的形式显示在模型树中，如图 4-47 所示；另外，如添加的“焊缝”未显示出来，可单击“前导视图工具栏”中的“隐藏/显示项目”按钮，在打开的“下拉面板”中单击“查阅焊缝”按钮，显示焊缝，如图 4-48 所示。



图 4-47　“焊缝”和“圆角焊缝”的区别



图 4-48　显示焊缝操作

4.3.2 角撑板

“角撑板”主要用于加固两个结构构件的相交区域，令结构构件连接的更牢固且不易变形。系统提供了“三角形轮廓”和“多边形轮廓”两种类型的角撑板，如图 4-49 所示。

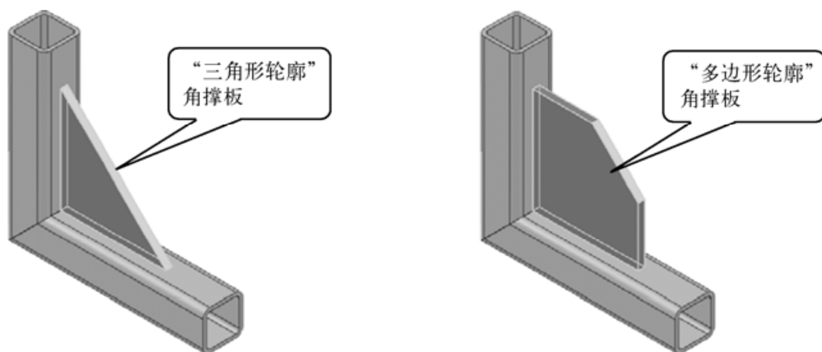


图 4-49　角撑板的两种类型

单击“焊件”工具条中的“角撑板”按钮，打开“角撑板”属性管理器，然后依次选择要添加角撑板的两个相交面，再适当设置角撑板的轮廓和在结构构件上的位置（或保存系统默认），单击“确定”按钮即可添加角撑板，如图 4-50 所示。



图 4-50　创建“角撑板”操作

在“角撑板”属性管理器的“轮廓”卷展栏中，“多边形轮廓”按钮和“三角形轮廓”按钮，分别用于两种角撑板类型的切换，其参数可参考卷展栏下面的图例进行设置，此处不做过多讲解，下面看一下其他选项的作用。

- “倒角”按钮：单击此按钮可为角撑板设置倒角，以便为角撑板下的焊缝留出空间，如图 4-51 所示，其参数设置与倒角基本相同，此处也不做过多叙述。
- “厚度”区的“内边”“两边”和“外边”按钮及“角撑板厚度”文本框：用于设置角撑板的厚度，及厚度延伸的方向，可设置角撑板轮廓向两侧延伸，也可设置向某一侧延伸。
- “位置”卷展栏：用于设置角撑板在所选面与边界的相对位置，如可设置“定位于起点”“定位于中点”和“定位于端点”等，如图 4-52 所示，勾选“等距”复选框，则可在下面的“等距值”复选框中设置角撑板距离某个边界的确切距离。

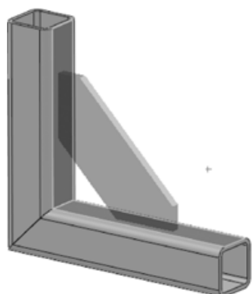


图 4-51 “角撑板”的倒角

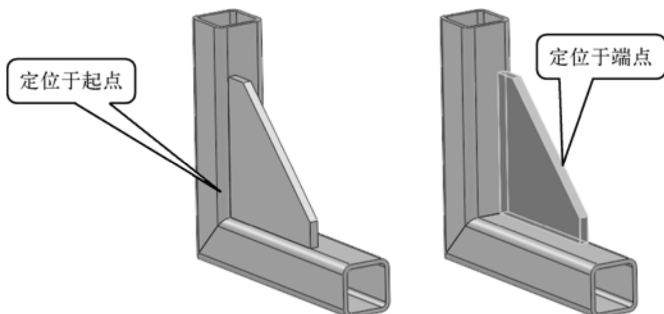


图 4-52 角撑板的位置

4.3.3 顶端盖

“顶端盖”特征工具用于闭合敞开的结构构件，以防止进入杂物等。单击“焊件”工具条中的“顶端盖”按钮，打开“顶端盖”属性管理器，如图 4-53 中图所示，选择管道结构构件的两个端面，设置顶端盖的“厚度”和“厚度比率”，单击“确定”按钮，即可创建顶端盖，如图 4-53 右图所示。

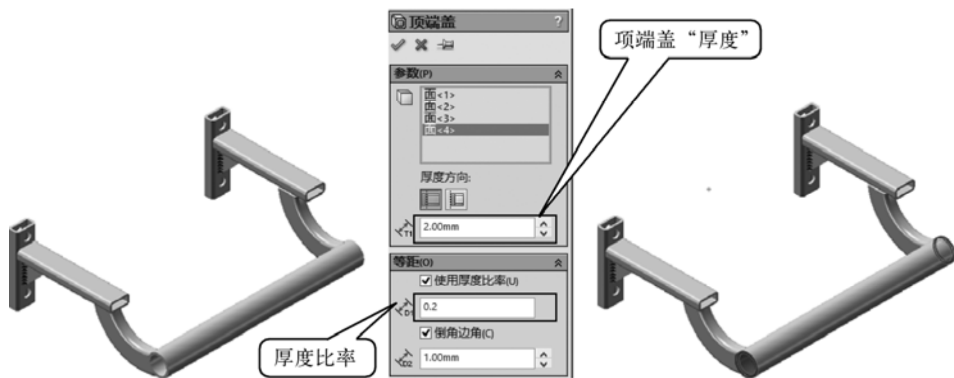


图 4-53 创建“顶端盖”操作 1





在“顶端盖”属性管理器中，“向内”和“向外”按钮用于设置顶端盖延伸的方向；“厚度比例”是指顶端盖边缘距离结构构件边缘距离与顶端盖厚度的比例。

实例精讲——创建自行车三脚架

下面讲一个创建“自行车三脚架”的例子，以加深对“附加焊件”的理解。由于角撑板和顶端盖都相对较简单，所以本实例将重点讲述焊缝的创建。

【制作分析】

本实例所使用的草图曲线如图 4-54 左图所示，所绘制的实体如图 4-54 右图所示。自行车三脚架的大部分都为管道类结构构件，前部连接车轮的轴承架需要使用放样和拉伸切除进行创建，下面讲解操作。

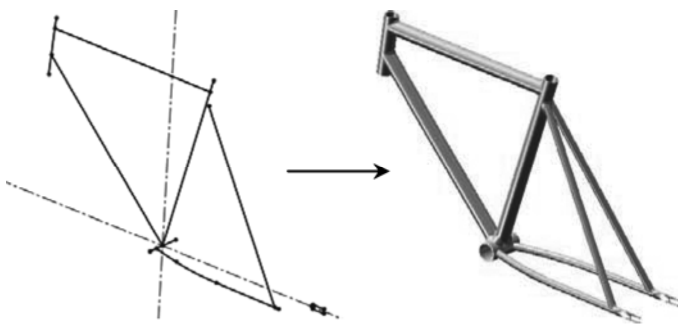


图 4-54　自行车三脚架的草图曲线和绘制的实体模型

【制作步骤】

STEP 1 首先新建一零件类型的文件，并创建图 4-55 所示的三个草图，并将其分别以“40×35”“30×25”“15×10”为文件名，以 SLDLFP 文件类型添加到系统库的“自行车”文件夹下（需新建此文件夹），作为构件轮廓。

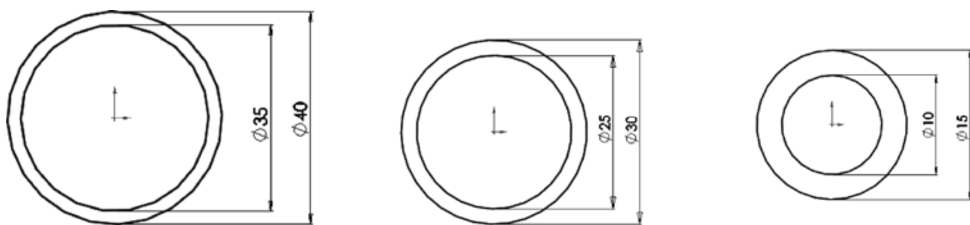


图 4-55　绘制三个结构构件的轮廓草图并将其添加到系统库中

STEP 2 打开本书提供的素材文件“自行车三脚架（素材）.SLDPRT”，单击“焊件”工具条的“结构构件”按钮，选择“iso”标准“自行车”类型下的“40×35”截面，选中横向

的曲线为结构构件的路径曲线，单击“确定”按钮，首先创建此构件，如图 4-56 所示。



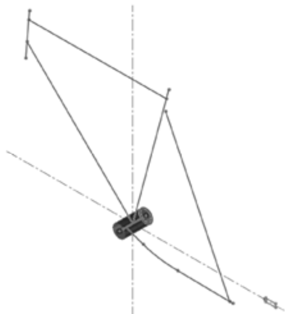


图 4-56　创建第一个结构构件

STEP 3 通过相同操作，再次单击“结构构件”按钮，选择“30×25”截面类型，使用四个曲线组选中图 4-57 所示的曲线，创建自行车三脚架的大梁；选择“15×10”的截面类型，使用两个曲线组选中如图 4-58 所示的曲线，创建自行车三脚架的后轮支架。

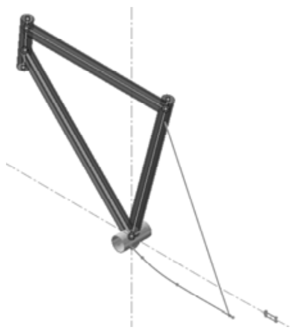


图 4-57　创建第二个结构构件



图 4-58　创建第三个结构构件

STEP 4 单击“基准面”按钮，创建一距离支架前端面 20 的基准面，如图 4-59 所示；再次单击“基准面”按钮，创建一距离前一个基准面 40 的基准面，如图 4-60 所示。

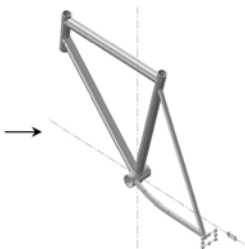



图 4-59　创建基准面 1

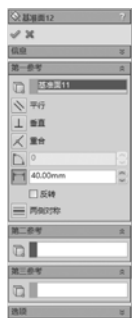
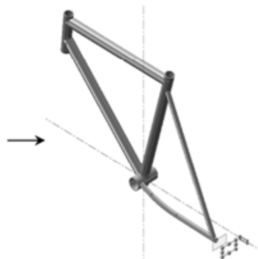



图 4-60　创建基准面 2

STEP 5 进入 STEP 4 创建的基准面的草绘模式，绘制图 4-61 左图所示的草绘图形（注意上下两边与管道构件的外边缘相切），再进入 STEP 4 创建的基准面的草绘模式，绘制图 4-61 右图所示的草绘图形（与前一个基准面中的草绘图形重合）。

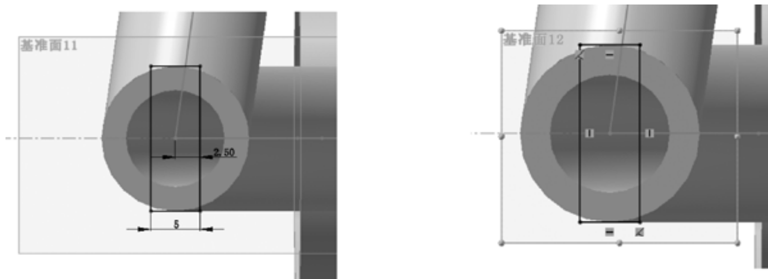
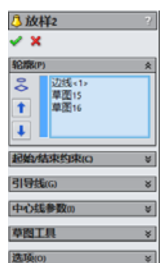


图 4-61　绘制草绘图形

STEP 6 单击“放样凸台/基体”按钮，依次选择管道构件的外边缘、中间的草图、最后绘制的草图，放样出前端的支架，如图 4-62 所示。



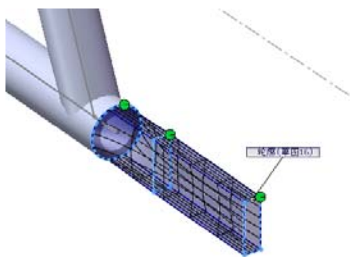


图 4-62　放样实体操作

STEP 7 单击“特征”工具条中的“镜像”按钮，选择前端支架和放样出来的实体部分，以“前视基准面”为镜像面进行镜像操作，如图 4-63 所示；再单击“拉伸切除”按钮，选择“草图 9”对“所有实体”执行拉伸切除操作，如图 4-64 所示。



图 4-63　镜像实体

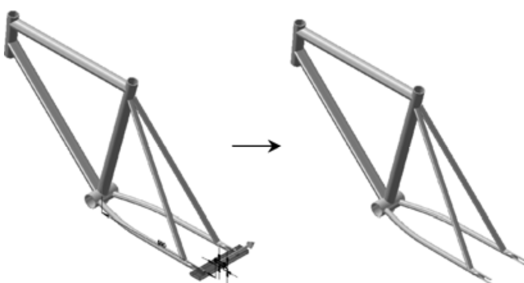


图 4-64　拉伸切除实体操作

STEP 8 单击“焊接”工具栏中的“剪裁/延伸”按钮，对模型中相交的相关管件焊件，执行剪裁操作，如图 4-65 所示（需要执行两次剪裁操作）。

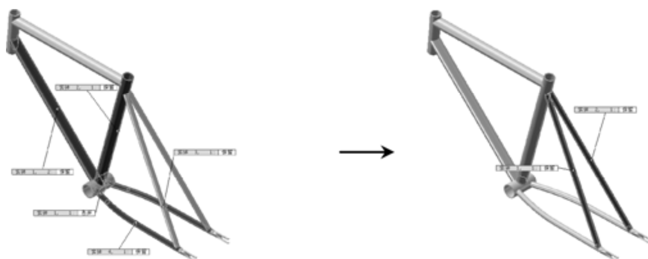


图 4-65　剪裁结构构件操作

STEP 9 单击“焊接”工具栏中的“焊缝”按钮，通过选择面组的方式创建多个焊缝，焊缝的“圆角半径”都为 3（任何相交的构件连接出都需要创建焊缝），完成三脚架的创建，如图 4-66 所示。

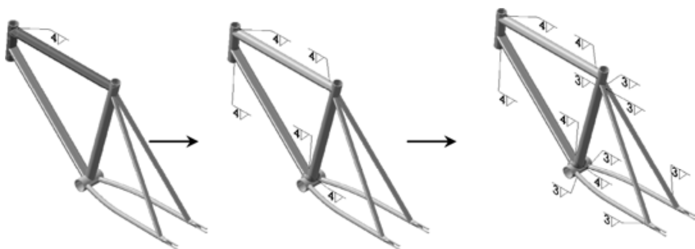


图 4-66 创建焊缝操作

4.4 其他焊件功能

本节讲述 SolidWorks 的其他焊件功能，包括类似于装配工程图中材料明细表的切割清单、焊件工程图的创建和子焊件的创建，以及在装配体中创建焊缝的方法等，本节是难点也是重点，需要用户用心理解和掌握。

4.4.1 切割清单与焊件工程图

当文件中有多个实体时，在左侧的设计树中将显示“实体”文件夹，如图 4-67 左图所示，以用于对多个实体文件进行统一管理，在插入“焊件”特征后，“实体”文件夹将重新命名为“切割清单”文件夹，如图 4-67 右图所示，以对“焊件”的各个实体进行统一管理。

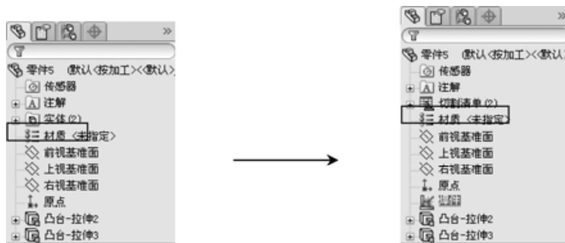


图 4-67 从“实体”文件夹到“切割清单”文件夹的转变

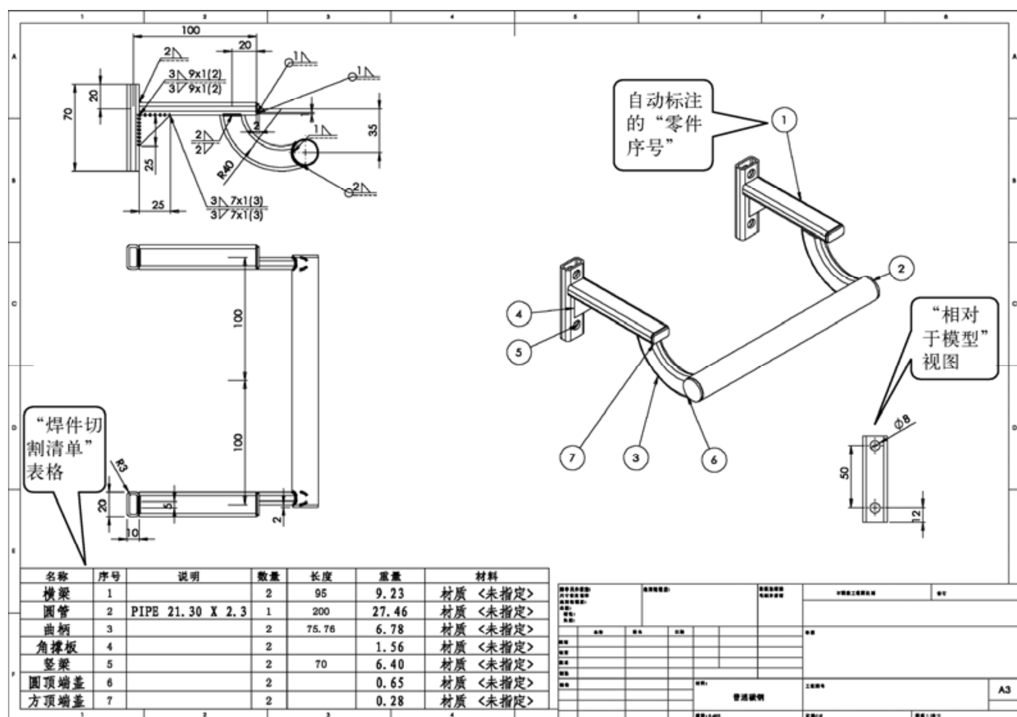


“切割清单”前的图标中，图标表示切割清单需要更新，图标表示切割清单已更新。当添加了焊件实体，或焊件实体被改变，“切割清单”中并不能立即反应所做的改变，只是“切割清单”文件夹图标改变为，此时右键单击此图标，在弹出的快捷菜单中选择“更新”命令，可对切割清单进行更新，以包含实体中添加的项目。

“切割清单”实际上是把焊件的各种属性、特征进行归类，并且用数据的形式展现出来的一个表格。其在模型文件中主要是一个自动归类的工具，另外可以通过其属性查看模型某一

方面的特性等；而将其用于工程图中，则可以自动生成“切割清单”表格，此表格可对模型文件进行详尽的说明，非常方便，如图 4-68 所示。所以，这里将模型视图中的切割清单与焊件工程图放到一起讲解，以便于读者领会和学习。

“焊件工程图”与工程图操作基本相同，而且更类似于其中的“装配工程图”，同样可以创建模型视图、投影试图，以及自动标注“零件序号”等。下面通过一个实例讲解“焊件工程图”中要用到的“切割清单”表格的添加和设置方法，以及“相对于模型”视图的添加方法。



名称	序号	说明	数量	长度	重量	材料
横梁	1		2	95	9.23	材质 <未指定>
圆管	2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	27.46	材质 <未指定>
曲柄	3		2	75.76	6.78	材质 <未指定>
角撑板	4		2		1.56	材质 <未指定>
竖梁	5		2	70	6.40	材质 <未指定>
圆顶端盖	6		2		0.65	材质 <未指定>
方顶端盖	7		2		0.28	材质 <未指定>

图 4-68　要创建的工程图

STEP 1 打开本书提供的素材文件“焊件切割清单和焊接表（素材）.SLDPRT”，如图 4-69 左图所示，然后右击左侧模型树中的“切割清单”项，在弹出的对话框中选择“更新”菜单项，以更新焊件模型的切割清单，如图 4-69 右图所示。

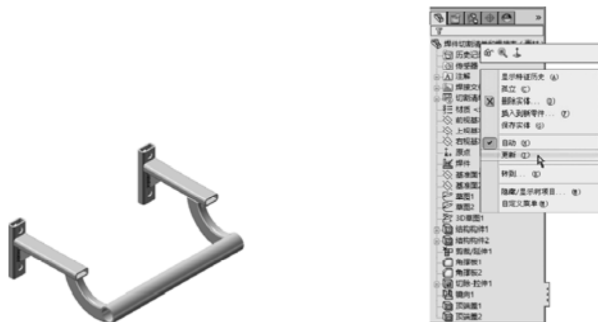


图 4-69　打开素材文件并更新切割清单操作

STEP 2 单击“切割清单”前的加号，打开切割清单项目列表，如图 4-70 左图所示，然后自上而下双击并重命名 7 个切割清单项目，分别为横梁、圆管、曲柄、角撑板、竖梁、圆顶端盖、方顶端盖，如图 4-70 右图所示。

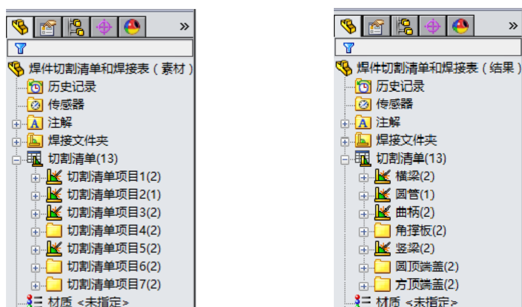


图 4-70　更改切割清单项目名称操作



切割清单的项目名称，可以在工程图中添加的切割清单中显示，此处更改的目的也是为后面的操作做好铺垫。

此外，“切割清单项目”实际上是系统按照材料的不同，如按照管材、矩形构件、顶端盖和大小长度等自动对当前文件中的焊件进行的归类，当然用户也可以自行调整其组合。

圆角焊缝默认不属于切割清单项目，当然用户也可以将某些焊件排除在切割清单之外，此时只需右键单击某个焊件在弹出的快捷菜单中选择“制作焊缝”菜单即可（要将排除在外的焊件添加到切割清单，可右击此焊件，在弹出的快捷菜单中选择“制作非焊缝”菜单项即可）。

STEP 3 右键单击模型树中的“材质”项，在弹出的快捷菜单中选择“编辑材料”菜单项，如图 4-71 左图所示，打开“材料”对话框，选择模型的“材质”为“普通碳钢”，如图 4-71 右图所示。

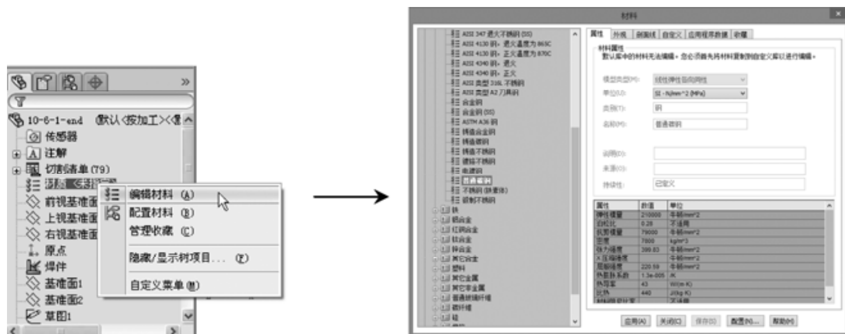


图 4-71　更改材料材质操作

STEP 4 打开“切割清单”选项列表，并右键单击“横梁”切割清单项，在弹出的快捷菜单中选择“属性”菜单项，如图 4-72 左图所示，打开“切割清单属性”对话框，如图 4-72

右图所示，在“属性名称”栏中最后一排输入“重量”属性名称，并在“数值/文字表达”栏中选择“质量”列表项。

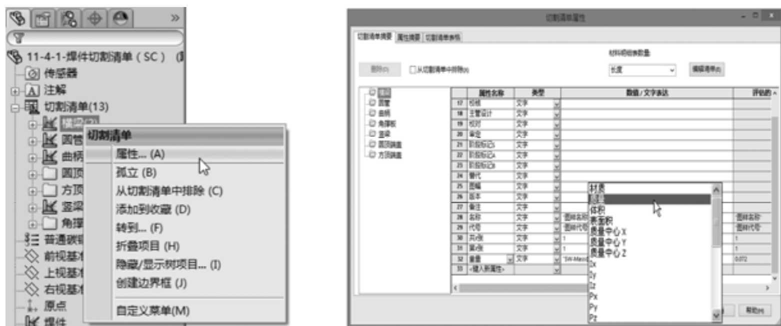


图 4-72　设置切割清单内项目属性操作 1

STEP 5 在“切割清单属性”对话框中继续操作，分别选择左侧的圆管、曲柄等其他所有项，并为其添加“重量”属性，如图 4-73 所示。



图 4-73　设置切割清单内项目属性操作 2



在“切割清单属性”对话框中，系统默认提供了“说明”“零件号”“修订”等属性，用户可以直接选择使用，也可以自行命令新的属性，而单击此对话框右上角的“编辑清单”按钮则可以添加或删除这些属性。

需要注意的是，“DESCRIPTION”通常相当于“说明”属性，而“MATERIAL”则是指材质。此对话框右侧的“属性摘要”和“切割清单表格”标签栏则是对当前的切割清单项目进行横向预览使用的。

STEP 6 上面操作完成后，将文件另存为“焊件切割清单和焊接表（结果）.SLDPRT”文件，然后新建一 A3 大小的图纸，选择此文件为建立工程图的零件，创建一前视图及两个投影视图，如图 4-74 所示。

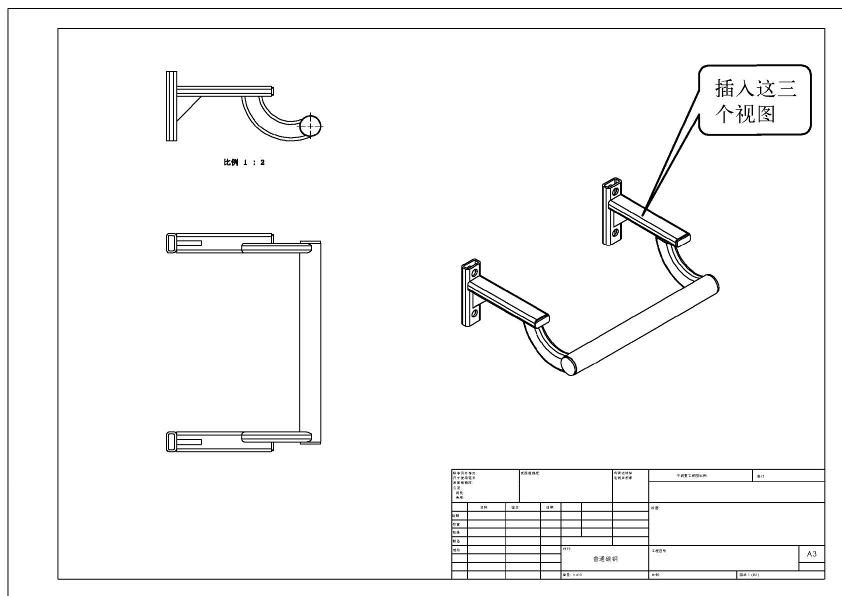


图 4-74 创建的焊件视图

STEP 7 分别选中前视图和上视投影视图，并为其“插入注解”，如图 4-75 所示（需要注意的是，在前视图中需要删除部分重复的注解）。

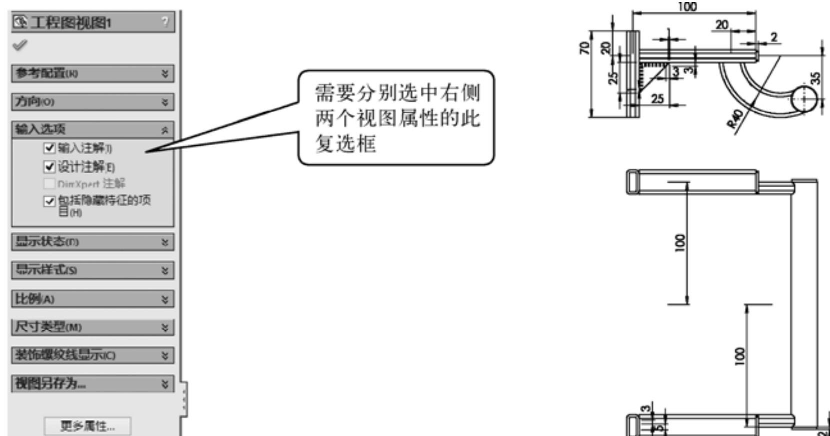
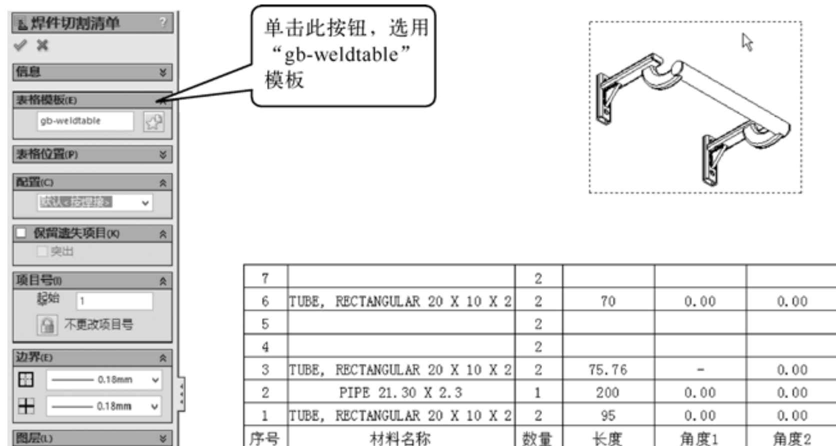


图 4-75 输入注解操作

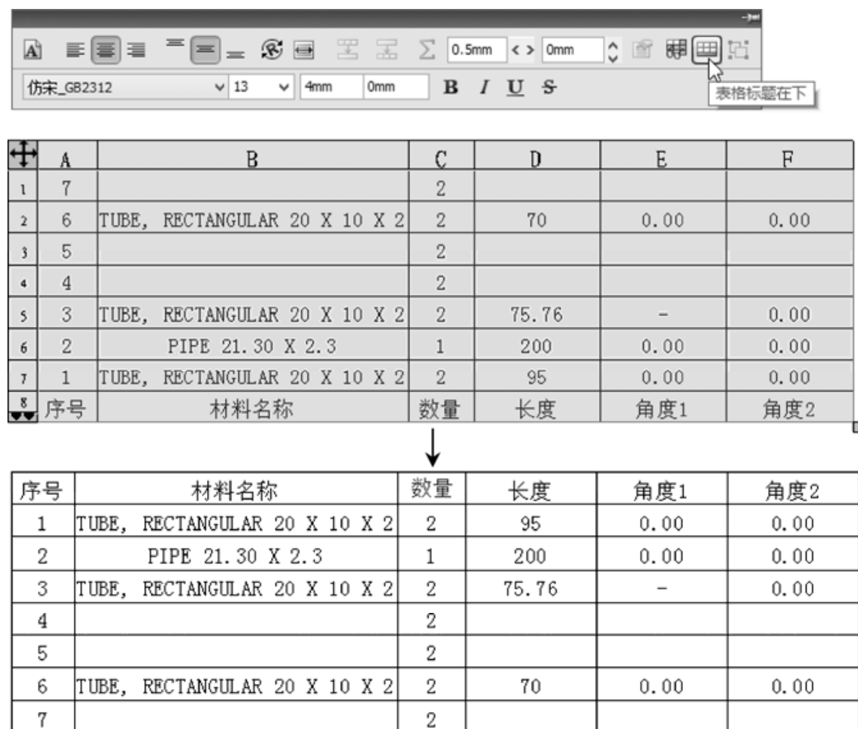
STEP 8 选中斜视投影视图，如图 4-76 右上图所示，单击“注解”工具栏“总表”下拉列表下的“焊件切割清单”列表项，打开“焊件切割清单”属性管理器，单击选择模板按钮，选择“gb-weldtable”模板为清单模板，其他选项并保持系统默认设置，单击“确定”按钮，再在操作区的适当位置单击，插入“切割清单”，如图 4-76 右图所示。



7		2			
6	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	70	0.00	0.00
5		2			
4		2			
3	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	75.76	-	0.00
2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	0.00	0.00
1	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	95	0.00	0.00
序号	材料名称	数量	长度	角度1	角度2

图 4-76　插入切割清单操作

STEP 9 选中插入的“切割清单”，在显示出来的“表格编辑”工具栏中单击“表格标题在下”按钮，改变表格标题的位置（此处只是举例，实际上此标题通常位于表格下方），如图 4-77 所示。



	A	B	C	D	E	F
1	7		2			
2	6	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	70	0.00	0.00
3	5		2			
4	4		2			
5	3	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	75.76	-	0.00
6	2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	0.00	0.00
7	1	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	95	0.00	0.00
8	序号	材料名称	数量	长度	角度1	角度2

序号	材料名称	数量	长度	角度1	角度2
1	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	95	0.00	0.00
2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	0.00	0.00
3	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	75.76	-	0.00
4		2			
5		2			
6	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	70	0.00	0.00
7		2			

图 4-77　插入切割清单操作

STEP 10 选中插入的“切割清单”的“数量”列，向右拖动，将其移动到“材料名称”列的左侧，如图 4-78 所示。

序号	数量	材料名称	长度	角度1	角度2
1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	95	0.00	0.00
2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	0.00	0.00
3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	75.76	-	0.00
4	2				
5	2				
6	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	0.00	0.00
7	2				

图 4-78　移动切割清单中的列

STEP 11 右键单击“序号”列，在弹出的菜单中选择“插入”>“左列”命令，为表格插入新的列，如图 4-79 所示。

图 4-79　插入新列操作 1

STEP 12 选中新插入的列，在左侧显示“列”属性管理器，如图 4-80 左图所示，选中“切割清单项目名称”单选按钮，并在“标题”文本框中输入“名称”文字，以添加名称列，效果如图 4-80 右图所示。

切除清单名称	序号	数量	材料名称	长度	角度1	角度2
横梁	1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	95	0.00	0.00
圆管	2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	0.00	0.00
曲柄	3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	75.76	-	0.00
圆顶端盖	4	2				
方顶端盖	5	2				
竖梁	6	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	0.00	0.00
角撑板	7	2				

图 4-80　插入新列操作 2

STEP 13 分别选中右侧两个“角度”列，并分别为其设置与零件的“重量”属性及“材料”属性相关联，并根据需要更改列名，调整后的表格效果如图 4-81 所示。

名称	项目号	数量	说明	长度	重量	材料
横梁	1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	95	9.23	普通碳钢
圆管	2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	27.46	普通碳钢
曲柄	3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	75.76	6.78	普通碳钢
圆顶端盖	4	2			0.65	
方顶端盖	5	2			0.28	
角撑板	6	2			1.56	普通碳钢
竖梁	7	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	6.40	普通碳钢

图 4-81　插入新列操作 3

STEP 14 选中斜投影视图，单击“注解”工具条的“自动零件序号”按钮，在弹出的“自动零件序号”管理器中选择“方阵”标注方式，以及“圆形”序号样式，单击“确定”按钮为视图添加零件序号，如图 4-82 所示。



图 4-82　插入零件序号操作

STEP 15 执行主菜单“插入”>“工程图视图”>“相对于模型”菜单命令，切换到模型文件编辑工作界面下，并选中一侧竖板，并为其设置第一和第二方向，如图 4-83 所示，单击“确定”按钮继续。



图 4-83　插入“相对于模型”视图操作 1

STEP 16 切换回工程图创建窗口，并在工程图的适当位置单击即可创建所选实体的单独工程图，然后单击“智能尺寸”按钮为此工程图上的圆孔标注直径，及两个圆孔间的间距和距离上边界的距离即可，如图 4-84 所示（最终效果见图 4-68）。

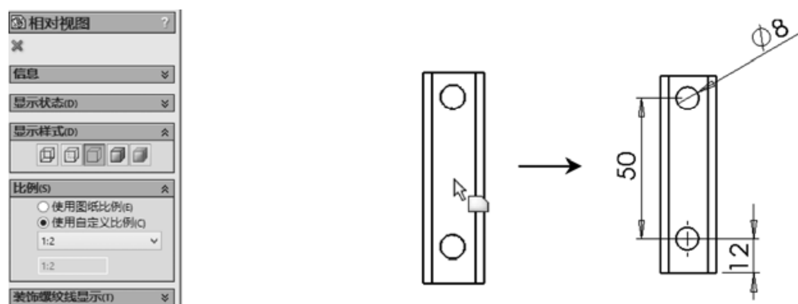


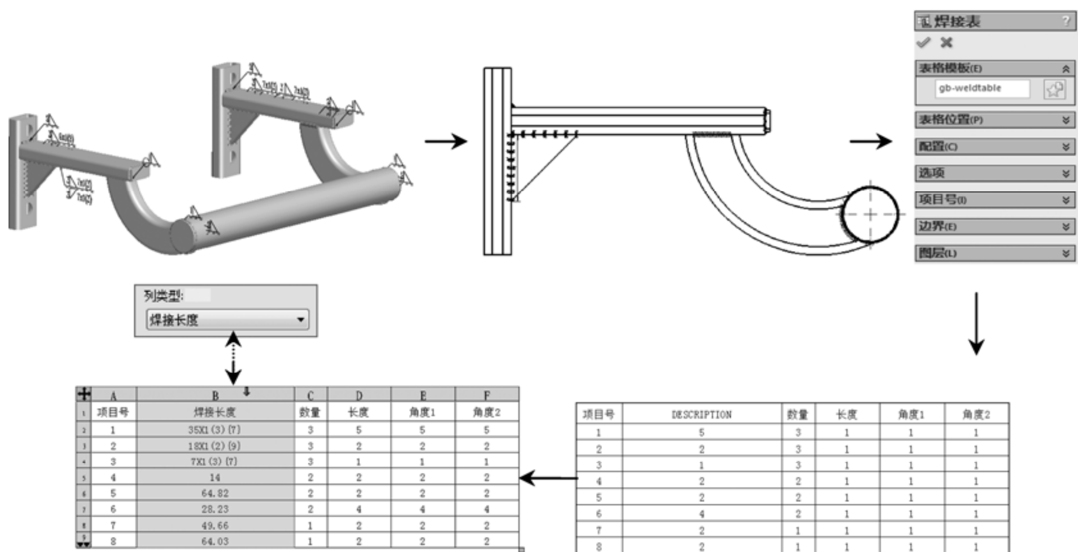
图 4-84　插入“相对于模型”视图操作 2

上面操作中主要讲述了“切割清单”的作用及其中各项参数的意义，工程图中“切割清单”表格的编辑，焊件工程图中序号的自动添加，以及“相对于模型”工程图的创建方法等，这几个方面是需要用户重点理解和掌握的。

4.4.2 焊接表的创建

除了“切割清单”，还可以直接创建“焊接表”。“焊接表”用于在工程图中生成一个焊件的所有焊缝的列表。

在模型环境中，为模型添加了焊缝后，进入工程图环境，首先创建一个模型视图，然后单击“焊接表”按钮，并选用焊接表模板，再在任意位置单击，即可生成焊接表（双击“焊接表”中的某一列，可以通过打开的“列类型”对话框更改此列的列属性值），如图 4-85 所示。



项目号	DESCRIPTION	数量	长度	角度1	角度2
1	5	3	1	1	1
2	2	3	1	1	1
3	1	3	1	1	1
4	2	2	1	1	1
5	2	2	1	1	1
6	4	2	1	1	1
7	2	1	1	1	1
8	2	1	1	1	1

	A	B	C	D	E	F
1	项目号	焊接长度	数量	长度	角度1	角度2
2	1	35X1 (3) (7)	3	5	5	5
3	2	18X1 (2) (9)	3	2	2	2
4	3	7X1 (3) (7)	3	1	1	1
5	4	14	2	2	2	2
6	5	64.82	2	2	2	2
7	6	28.23	2	4	4	4
8	7	49.66	1	2	2	2
9	8	64.03	1	2	2	2

图 4-85 创建“焊接表”操作

4.4.3 子焊件

一个庞大的焊件可能有很多构件组成，对于这些构件，系统可能自动将其归结为一类，也可能将其归结为多类，这些归类可能正确也可能不正确，使用“子焊件”可以添加新的“切割清单项目”。子焊件可以单独保存，但是它与父焊件是相关联的（父焊件更新后，子焊件将自动更新，但是对子焊件所做的修改却不会反应到父焊件中）。

可以将列举在特征管理器设计树“切割清单”中的任何实体，包括结构构件、顶端盖、角撑板、圆角焊缝以及使用“剪裁 / 延伸”命令所剪裁的结构构件等创建为子焊件。此时只需在“切割清单”中右键单击要创建子焊件的实体，再在弹出的快捷菜单中选择“生成子焊件”菜单项即可，如图 4-86 左图所示（如选择“插入到新零件”菜单则可以直接将子焊件导出为零件类型的子焊件文件，如图 4-86 右图所示）。



图 4-86　插入“相对于模型”视图操作 2



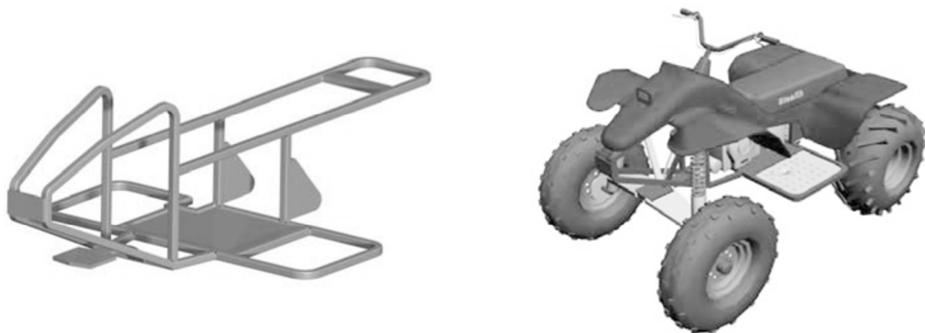
取消切割清单的“自动”更新状态，将所有“切割清单项目”删除后，再次恢复切割清单的“自动”更新状态，可以将“子焊件”文件夹删除。

实例精讲——沙滩车车架焊接件设计

随着我国旅游市场的火热，沙滩车已成为目前较具市场潜力的车种。而为了适应这种发展趋势，以及使用户加深对本章内容的理解和掌握，下面就来讲一个创建“沙滩车车架焊接件”的例子，包括结构构件、焊接和工程图等组成部分。

【制作分析】

沙滩车的本身构造并不复杂，主要由车架、电动机、电瓶和轮轴转向装置等组成，如图 4-87 右图所示，而其车架则主要由焊接件组成，如图 4-87 左图所示，可通过结构构件、焊接等完成，下面就来讲述其创建方法。


图 4-87　沙滩车车架和其效果图

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“沙滩车车架焊接件（素材）.SLDPRT”，如图 4-88 所示。

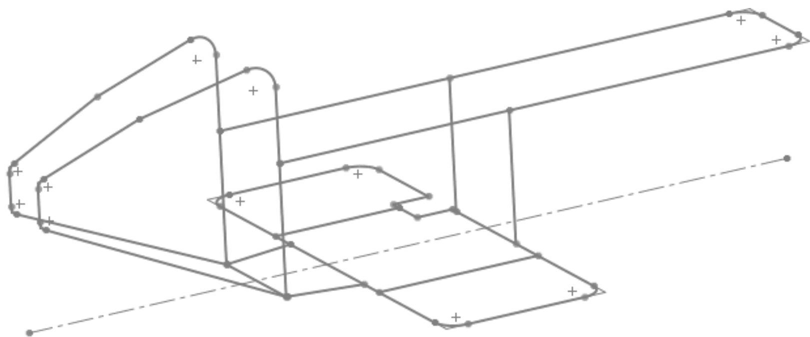


图 4-88　沙滩车草图

STEP 2 单击“焊件”工具条中的“结构构件”按钮，在打开的“结构构件”属性管理器中依次选择“ISO”>“方型管”>“30×30×2.6”，并选择“草图 1”作为路径曲线，单击“确定”按钮，创建“顶部支架”的焊件，如图 4-89 所示。

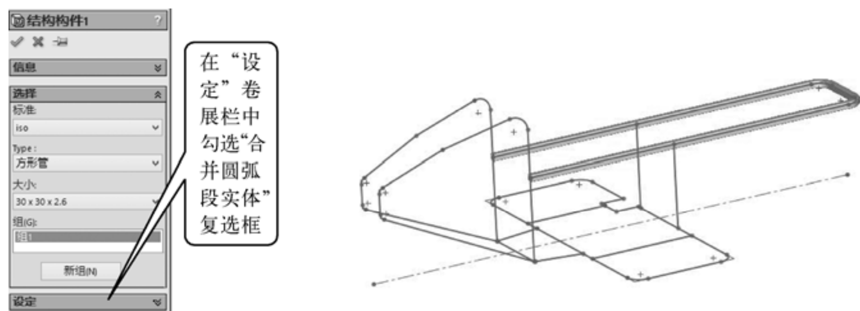


图 4-89　创建“顶部框架”结构构件

STEP 3 通过与 STEP 2 相同的操作，以相同的参数选择其余草图作为路径曲线，多次执行“结构构件”操作，创建沙滩车其余部分的焊件，如图 4-90 所示。

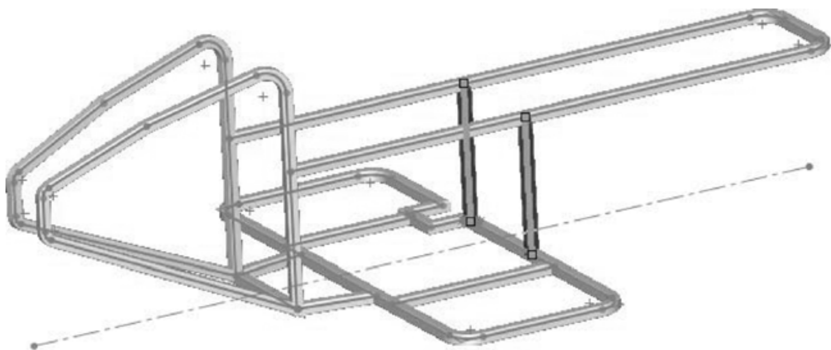


图 4-90　创建沙滩车的结构构件

STEP 4 将所有草图隐藏，单击“焊件”工具栏的“剪裁/延伸”按钮，选中“面/平面”单选按钮，以面作为剪裁边界的方式，对需要剪裁的部分进行剪裁操作（需执行多次剪裁操作），如图 4-91 所示。

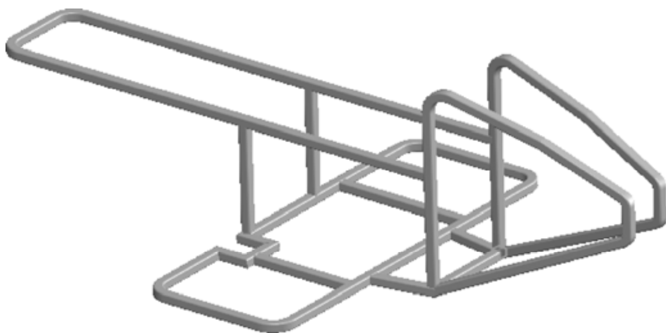


图 4-91　对沙滩车结构构件执行剪裁操作

STEP 5 创建一基准面，然后在此基准面中创建一图 4-92 左图所示的草绘图形（注意其右侧直线与“底部框架”的边界共线，且两端点重合）；然后对此草图进行拉伸，以“两侧对称”方式，拉伸出“前部垫板”的基本板件，如图 4-92 右图所示。

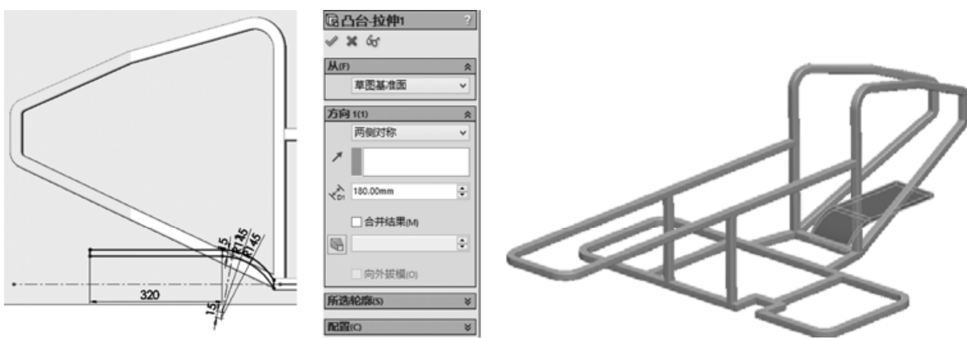


图 4-92　绘制草图并拉伸实体

STEP 6 在“前视基准面”中绘制一图 4-93 左图所示的草绘图形，并使用其进行拉伸切除操作，对 STEP 5 中创建的实体进行拉伸切除，切除出“前部垫板”，如图 4-93 右图所示。

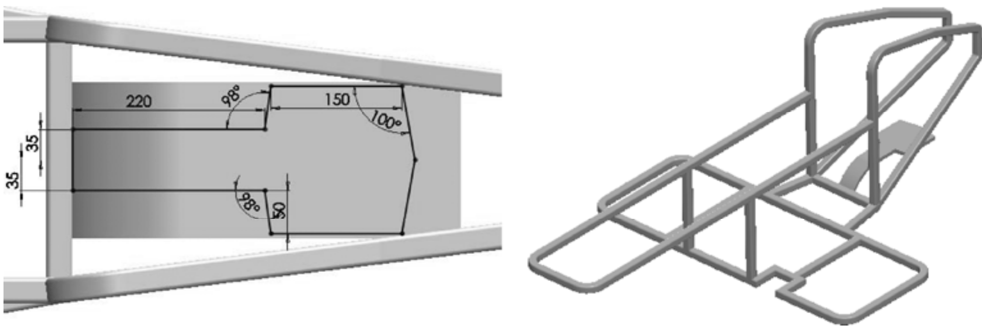


图 4-93　绘制草图并进行拉伸切除操作

STEP 7 单击“基准面”按钮，创建一平行于“右视基准面”且经过“右侧支架”最前部端点的基准面；然后在新创建的基准面中创建一经过左右支撑架边界端点的矩形草图，再

对草图执行向外拉伸操作，拉伸深度为 15，如图 4-94 所示。

STEP 8 在“基准面 1”中创建一经过“底部框架”内边界的草绘图形，并进行两侧拉伸操作，拉伸深度为 15，如图 4-95 所示。



图 4-94 创建基准面图、草图并进行拉伸操作

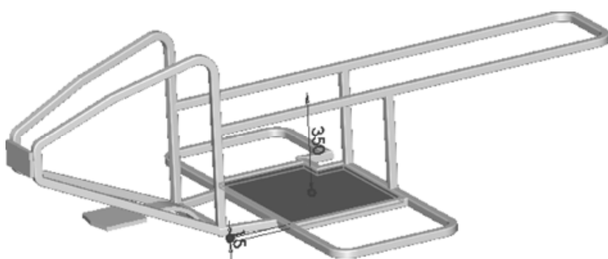


图 4-95 创建草图并拉伸出底部的“脚衬垫板”

STEP 9 在“前视基准面”中创建一图 4-96 所示的矩形草图（两侧边界与结构构件的边界对齐），并进行两侧拉伸操作，拉伸深度为 25。

STEP 10 在经过“草图 3”中竖线，且与“上视基准面”平行的面中创建图 4-97 左图所示的草绘图形，并进行两侧拉伸操作，拉伸深度为 18，创建图 4-97 右图所示的“轮胎支板”件，并通过相同操作创建另外一侧的“轮胎支板”件。

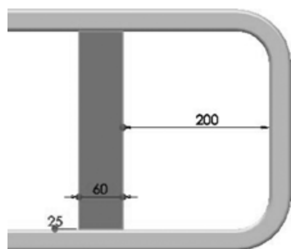


图 4-96 创建前部连接板

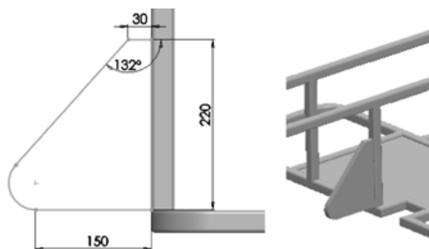


图 4-97 创建轮胎支板

STEP 11 多次单击“焊件”工具条的“焊缝”按钮，设置“圆角大小”为 3，在需要添加焊缝的位置添加“焊缝”，如图 4-98 所示。

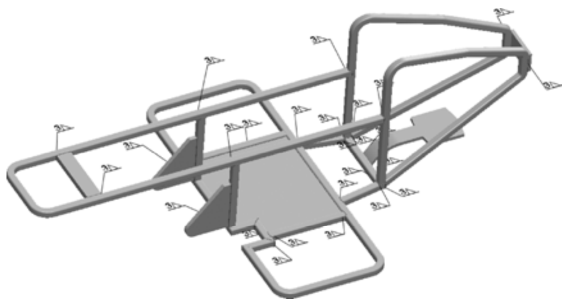


图 4-98 焊接车架

STEP 12 通过拖动操作调整“切割清单”中“项目”下的构件构成，如图 4-99 所示，首先将“底部框架”的几个构件拖动到一个项目中，并将其重命名为“底部框架”。





图 4-99　调整切割清单并进行重命名操作

STEP 13 通过相同操作将其他构件部分进行分组（调整到单独的项目中），并进行重命名，如图 4-100 所示，与其对应的构件位置如图 4-100 右图所示（然后将文件保存）。

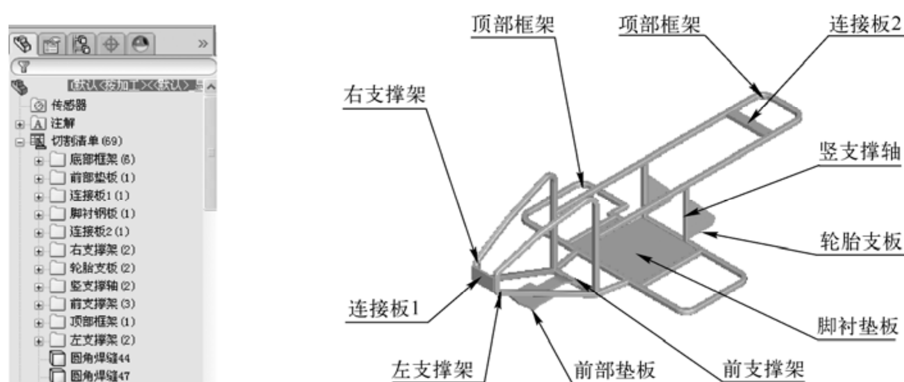
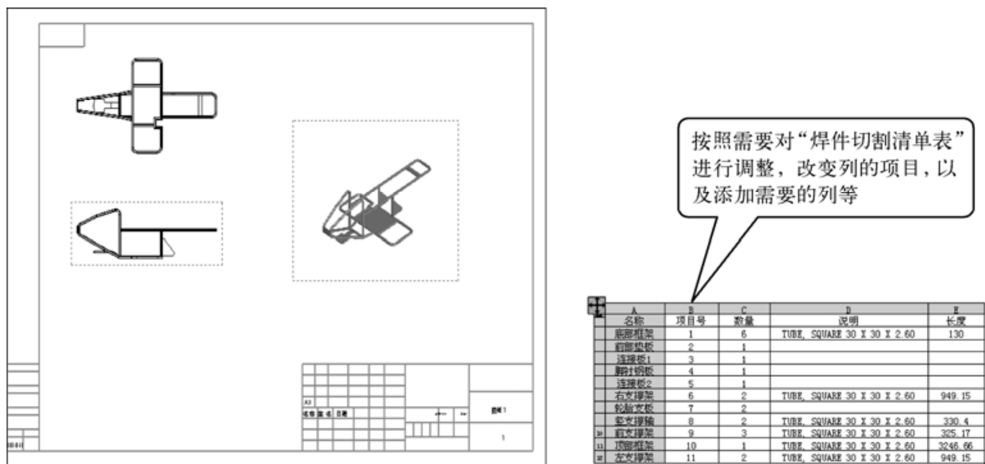


图 4-100　调整切割清单项目并对所有项目进行重命名

STEP 14 选择“文件”>“新建”菜单，创建“A3（GB）”标准图纸大小的图纸，然后选择上面步骤创建的文件为视图的源文件，用其创建三个视图，如图 4-101 左图所示。然后执行“焊件切割清单”操作创建“焊件切割清单表”，如图 4-101 右图所示。



A	B	C	D	E
名称	项目号	数量	说明	长度
底部框架	1	6	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	130
前部垫板	2	1		
连接板1	3	1		
脚衬钢板	4	1		
连接板2	5	1		
右支撑架	6	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15
轮胎支板	7	2		
竖支撑轴	8	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	330.4
前支撑架	9	3	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	325.17
顶部框架	10	1	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	3246.66
左支撑架	11	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15

图 4-101　创建视图和材料明细表

STEP 15 选中三维视图，单击“注解”工具条中的“自动零件序号”按钮，为其添加零件序号，如图 4-102 所示。

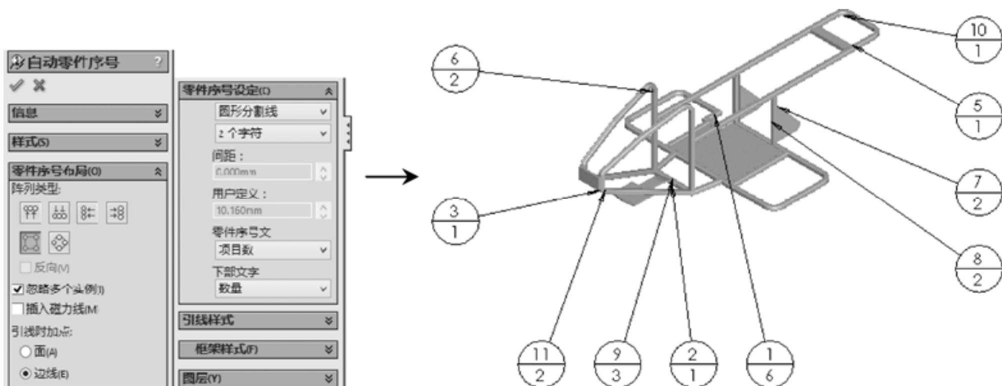
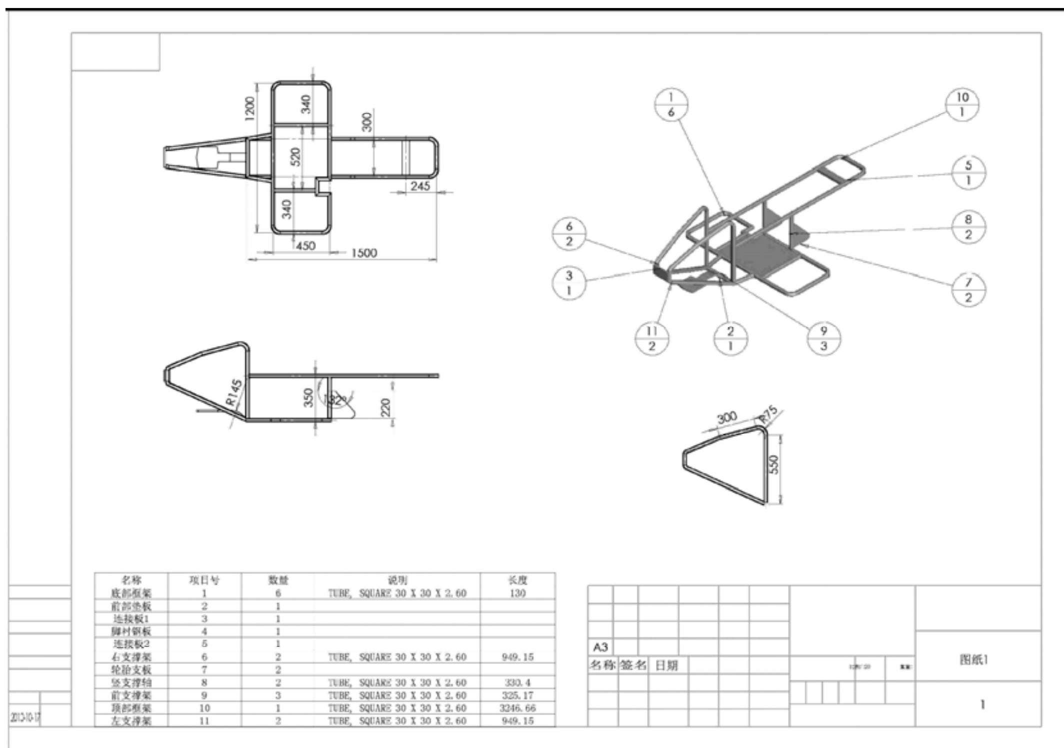


图 4-102　添加零件序号操作

STEP 16 选择“插入”>“工程图视图”>“相对于模型”菜单，选择“左支撑架”竖轴的侧面和后面作为第一和第二视角，创建其单独的工程图，如图 4-103 所示。

STEP 17 以添加的中心线为边界线，单击“智能尺寸”按钮为模型添加适当的尺寸标注，完成工程图的创建，效果如图 4-103 所示。



名称	项目号	数量	说明	长度
底部框架	1	6	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	130
前部垫板	2	1		
连接板1	3	1		
脚衬钢板	4	1		
连接板2	5	1		
右支撑架	6	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15
轮胎支板	7	2		
竖支撑轴	8	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	330.4
前支撑架	9	3	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	325.17
顶部框架	10	1	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	3246.66
左支撑架	11	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15

图 4-103　添加适当的标注及工程图的最终效果

4.5 本章小结

本章主要介绍了 SolidWorks 中的一个重要的模块——“焊件”的相关知识，通过本章学习，读者应该掌握“焊件”功能模块中基本按钮的使用，并大致理解 SolidWorks 中如此安排焊件功能的作用和用意，以为实际工作中灵活运用此模块打下坚实的基础。

4.6 思考与练习

一、填空题

（1）焊接零件设计环境实际上是一个__________的零件设计环境，即在焊接零件中，每一个结构构件或焊接特征都是一个__________。

（2）在焊接零件中，系统将自动添加两个配置，分别为__________和__________。

（3）可使用“焊件”工具条中的__________直接生成焊件，系统会自动将零件标记为焊接件。

（4）在 Solidworks 中，焊件实际上主要是为了方便设计一些主要由很多标准的______、________、sb 横梁、________、角铁和_______等组成的零件而设计的。而焊接的意义就在于将这些标准件进行排列和组合，或与其他______________进行焊接，从而设计出符合要求的机件或零件。

（5）可以使用_____或______，也可以混合使用两种类型的草图，作为结构构件的路径曲线。但是应避免______________绘制在一个草图中，应注意平衡草图的复杂程度与其他操作的利益关系，并且不可使用___________作为结构构件的路径。

（6）在同一个组中的路径线段必须满足如下条件：________；___________________。否则需要使用两个组来选择路径曲线。

（7）在创建结构构件的过程中，当结构构件在边角处交叉时，可以在“结构构件”属性管理器中定义剪裁结构构件重叠部分的方式（见图 4-12）。共有三种剪裁方式，分别为____________、____________和____________。

（8）除了可自动裁剪结构构件的边角外，如多次添加的结构构件出现交叉，则可以使用系统提供的____________功能对结构构件相交的部分进行剪裁。

（9）可以为焊件添加三种焊缝，分别______、______和______焊缝。

（10）__________主要用于加固两个结构构件的相交区域，令结构构件连接的更牢固且不易变形。

二、问答题

（1）如何自定义结构构件的轮廓？并简述其操作。

（2）什么是“交错”焊缝？并简述其意义。

（3）切割清单有何作用？简述对切割清单的属性进行定义的过程。

三、操作题

（1）使用本章所学的知识，创建图 4-104 所示的“椅子”焊件模型。

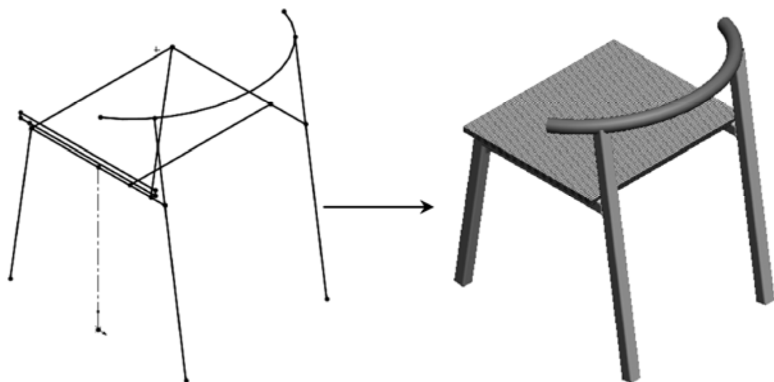


图 4-104 “椅子”焊件轮廓草图和其最终效果



本实例使用标准方形管 30×30×2.6 即可创建椅子的腿部部分，椅子“靠背”可通过标准管道 33.7×4 创建，椅子底部衬垫使用顶端盖创建，此外椅子焊件各步操作的详细值可参见本书提供的素材文件“练习-椅子（结果）.sldprt”。

（2）使用本章所学的知识，创建图 4-105 所示的“手推车”焊件模型。

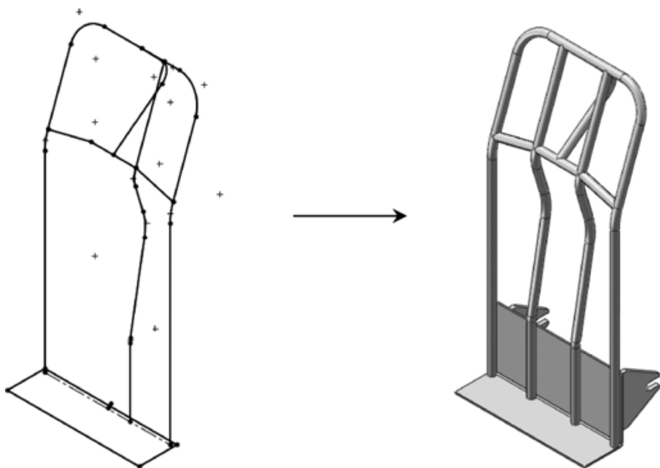


图 4-105 需创建的“手推车”模型和其图线



本实例结合了钣金和焊件两个模块的功能来创建“手推车”模型，可对前面两章内容进行有效的复习，“手推车”模型各步操作的详细值可参见本书提供的素材文件“练习-手推车（结果）.sldprt”。

第 5 章　模 具 设 计

本章要点

- 模具设计基础
- 分模前的分析操作
- 分模前的整理操作
- 分模操作

学习目标

模具概括地说就是用以限定生产对象的形状和尺寸的装置。在 SolidWorks 的零件模块中可以进行较简单的模具设计，如可进行拔模分析，创建分型线、分型面，进而创建型腔和型芯等，本章将对以上功能内容进行详细讲述。

5.1　模具设计基础

模具有很多类型，如按所成型材料的不同，可分为金属模具和非金属模具。金属模具又分为铸造模具和锻造模具；非金属模具则分为塑料模具和无机非金属模具。

- 铸造模具：主要用于大规模生产的非钣金钢件，如冷镦、模锻、金属，以及有色金属压铸和粉末冶金等（图 5-1 左图所示为铸铁操作）。
- 锻造模具：主要用于钣金出料和钣金加工等，如热轧、冷轧、折弯、冲孔等。
- 塑料模具：主要用于制作塑料件，可通过注射、吹塑等工艺进行批量生产（图 5-1 右图所示为常见的注射机）。
- 无机非金属模具：主要用于光学玻璃、工业陶瓷、石棉等的加工和制造。

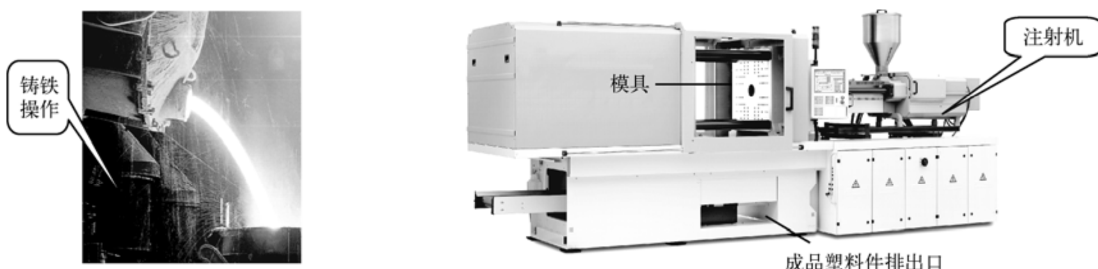


图 5-1　铸铁操作和常见的注塑机

不同模具，其生产工艺和操作过程有很大不同。如铸铁用的铸造模具多使用砂箱（见

图 5-2 左图），在进行铸造时需要经过制造砂型、起模和铸造等过程。

而塑料件的生产多使用注射机，注射机通常由注射装置、合模装置、液压传动和电气控制系统等组成。其中合模装置的设计和开发实际上也就是广义上所谓的模具设计（图 5-1 右图所示为一较简单的整套模具的装配图）。

合模装置又由成型零件、导向、脱模、抽芯、调温和排气等系统组成，狭义上的模具设计仅指设计合模装置中用于成型零件的型芯和型腔的操作。

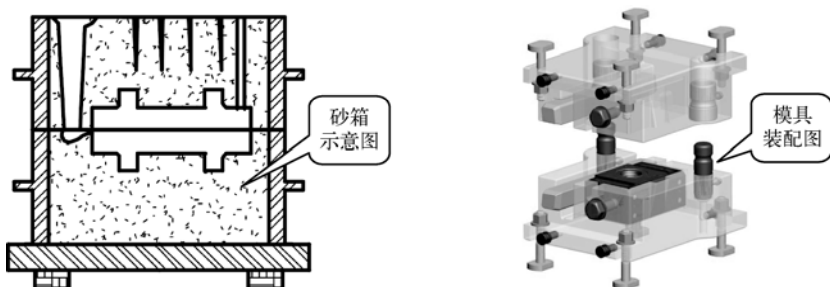


图 5-2　砂箱示意图和模具装配图

本文主要讲述使用 SolidWorks 设计注塑模具中型芯和型腔的操作，要想进行更复杂的设计，如要设计导向系统、脱模系统等，则需要使用 SolidWorks 的 IMOLD 插件；而要进行五金模具的设计，则需要使用 3dquickpress 插件（关于这些插件的使用，请参考其他专业书籍）。

5.1.1 模具设计的简单概念

理论联系实际永远是最好的学习方式，因此在正式进行模具设计之前，先来了解一些与模具生产相关的原理、名词和工序，以使我们学习时有的放矢，具体如下。

1．模具的生产原理

注射模具的生产原理是，由凸模和凹模围成型腔，在型腔中填充热熔的塑料原料，在一定压力下冷却成型后开模即可形成产品，如图 5-3 所示。

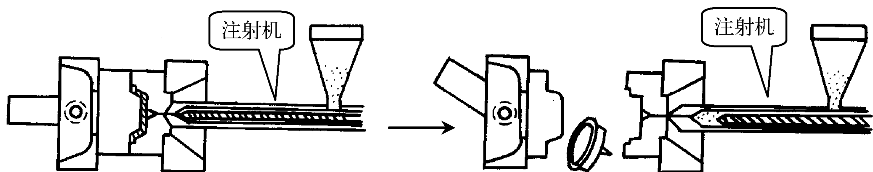


图 5-3　模具生产过程示意图

2．型腔和型芯

构成产品空间的零件称为成型零件（即模具整体），成型产品外表面的（模具）零件称为型腔，如图 5-4 所示。型腔通常是具有下凹槽的一个腔体，也称前模（或母模、凹模），而相对应的凸起部分则称为型芯，也称后模（或子模、凸模）。

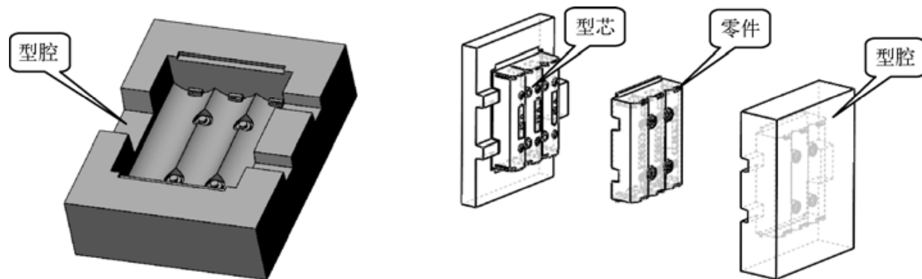


图 5-4　模具的型腔和型芯

此外，在进行注塑成型的过程中，模具的型芯和型腔通常总有一个固定不动，而另一个则进行周期性的反复运动，以不断地加注原料、成型冷却并脱模出零件，其中固定不动的一侧通常也被称为“定模”，而动的一侧则被称为“动模”。



除了上面介绍的型腔和型芯之外，在模具中还经常会用到模架、镶块、滑块、顶杆和定位环等辅助结构，其中：

- 镶块是指在模具中可以更换，用螺钉固定在模具型腔内的零件，一般是模具上容易磨损的部位。
- 滑块也被称为侧型芯，是指在模具的开模动作中能够按垂直于开合模方向（或与开合模方向成一定角度）滑动的模具组件（多用于制作侧孔）。
- 顶杆主要用于制作一些倒钩区域，并可在开模过程中辅助将零件从型芯上顶出。
- 定位环是指模具安装到注射机上后，为使注射机喷嘴中心与浇口套中心快速对接所用到的零件。

以上零件都是注塑模具中要用到的零件，当然本文不会全部讲解其制作方法，但是对其有一个初步的了解，将有助于以后章节的学习。

3．模具设计与制造流程

一个模具到底是如何制造出来的呢？其流程是什么样的？在工厂中，它都涉及哪些部门和人员呢？为了给大家一个更直观的概念，以利于日后对软件功能的掌握，以及学习方向的选择。接下来看一下模具设计与制造的详细流程，具体如下：

- 客户送来模型的 3D 文档：模具设计工作者根据客户产品进行结构排位（包括确定分型面、拔模斜度和采用的结构等），再用模流分析软件确定浇口的最佳位置，并制作组立图交付客户确认。
- 模具的 3D 建模操作：根据客人反馈，根据客户任务书的要求（如标准件规格、产品缩水要求等）开始 3D 建模。
- 采购：完成 3D 建模后，根据模具要求采购钢料及标准件，并定购模架（或自己制作模架）。
- 出图：出 2D 图，并与组装 3D 图等一起交付模具加工人员。
- 现场加工：模具加工人员首先根据模具设计人员送来的文件编写数控加工代码，也就

是模具编程，然后进行 CNC 数控加工，数控加工不方便的地方，再进行 EDM 电火花加工，最后由钳工进行模具的抛光和组装（模具设计人员有时也需要跟踪现场，以解决加工中遇到的问题）。



- 试模：模具在制作完成所有配件并装配完毕后，需要通过实际的注射并得到零件样品，然后通过样品检测才能确定模具的制作是否完全符合设计要求。试模完毕后，模具设计人员要根据试模的结果对模具进行调整和再优化。
- 设变：根据客人的设变要求进行改模。
- 图档的整理和存档：一个好的结构可以重复使用，所以应进行整理并存档。



通过上面流程分析，可以了解到，在模具的加工和制作的过程中，模具设计和模具加工是有分工的，所以在选择进入模具制造这个行业之前首先应该选好自己的学习方向。

此外，不管是模具设计还是模具加工人员，要想做好本职工作，还必须了解加工工艺，所以为了有更好的发展，笔者建议最好去做一段时间的钳工，或者 CNC、EDM 等操作人员。

5.1.2 模具设计工具条

右键单击 SolidWorks 建模环境中顶部的空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“模具工具”项，可显示“模具工具”工具栏，如图 5-5 所示。

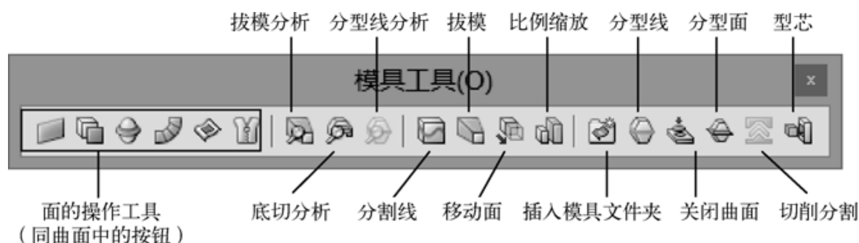


图 5-5 “模具工具”工具条

在“模具工具”工具栏中，左侧的 6 个面操作按钮主要用于手动创建分型面，其操作方法与在前面曲面部分讲述的相同，所以此处将不再重复叙述，而只在一些实例中介绍其在模具设计过程中的用途。

紧接着面处理工具的是 3 个分析按钮，用于对模具的面或线进行分析，以利于后续的处理操作。然后是“分割线”“拔模”“移动面”和“比例缩放”按钮，这 4 个按钮用于对模型进行前期处理，以利于分模。

“插入模具文件夹”按钮用于在“曲面实体”文件夹中插入几个用于模具操作的子文件夹，如图 5-6 左图所示，这几个子文件夹通常为“型腔曲面实体”“型芯曲面实体”和“分型面实体”文件夹（前提是当前文件中有面实体）。实际上在单击“分型线”按钮为模型添加分型线后，系统将自动添加这三个文件夹，所以说此按钮主要用于用户在手动创建分型面时，添加模具操作的子文件夹，以对分型面进行管理。



关于“插入模具文件夹”按钮的用途，对于初学模具设计的同学来说，可能一时难于理解。实际上，当对分模掌握到一定程度时，读者会发现，即使不创建分型线，也不使用系统提供的“分型面”按钮创建分型面，而完全通过手动创建面的方式，同样可以使用“切削分割”按钮进行分模操作。

而系统之所以提供了此按钮，其主要作用在于对手动添加的多个分型面进行分类管理，如用户可以将某个曲面拖动到“型芯曲面实体”文件夹，以令其用于对型心部分面的成型处理（如图 5-6 右面两个图所示，此部分内容此处可不必完全理解）。

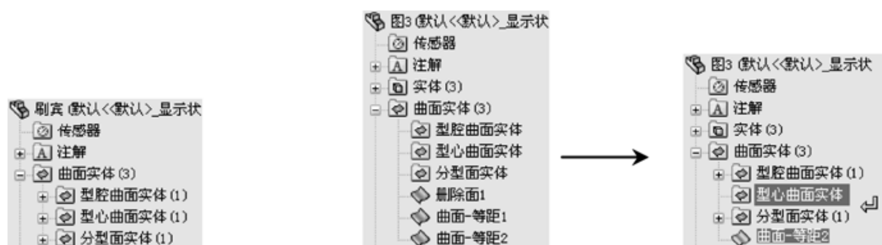


图 5-6 “模具文件夹”的作用

“模具工具”工具栏中，右侧的“分型线”“分型面”和“切削分割”等其他几个按钮，主要用于分型操作，即生成型芯和型腔实体，本文后面将详细讲述其功能。

5.1.3 SolidWorks 中模具设计的基本流程

本文上面讲过模具制造的基本流程，下面再来讲解使用 SolidWorks 设计模具的过程中，注射模具设计的一般流程：

- 模型分析：在分模之前首先应对模型进行分析，如找出模型的哪个部位不适合脱模，需要进行拔模，模型的哪个部位会妨碍模型的正常脱模，而需要创建侧型芯，或者找出在什么地方利于创建分型线等。
- 零件处理：分析完模型后，紧接着就需要根据分析的结果对零件进行处理，如进行拔模处理或设置缩放比例等。
- 分型操作：在完成零件处理后，首先创建分型线，而后将某些位于分型线内会造成型腔和型芯相通的曲面关闭，再利用分型线创建分型面，然后便可以创建型腔和型芯了。
- 模具结构件设计：完成上述操作后，根据需要创建侧型芯，以及顶杆和镶块等，然后添加模架，并在模架中加入标准件，再为其设计添加流道、冷却系统等。
- 3D 组装并仿真：完成整个模具设计后，对其进行组装，并可在 SolidWorks 中仿真模具的运行状态，以检验设计的可行性。没有问题后，完成模具设计。

本章主要讲解模型分析、零件处理和分型操作，而对模具结构件的设计、3D 组装和仿真等，本文只略作提及。

实例精讲——相机盖分模操作

下面我们讲解制做一个相机盖的分模实例，通过此实例读者会发现通过使用 SolidWorks 提供的自动分模工具，分模实际上并不难。



【制作分析】

本实例所使用的零件模型和分模后的型芯和型腔如图 5-7 所示（实例中用到的相关知识将在后面小节中讲述），下面讲解具体操作。

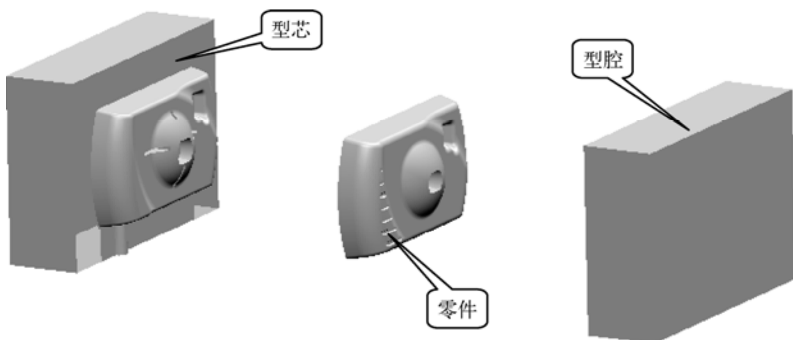


图 5-7　零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“相机盖分模（素材）.SLDPRT”，单击“模具工具”工具条的“分形线”按钮，打开“分型线”属性管理器，选择零件上部面，单击“拔模分析”按钮，再单击“确定”按钮创建分型线，如图 5-8 右图所示。

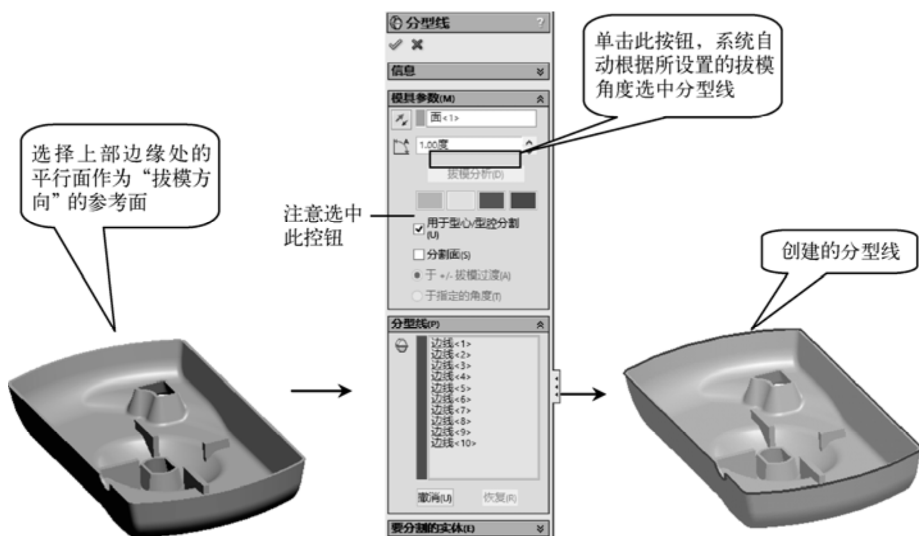


图 5-8　创建分型线操作

STEP 2 单击“模具工具”工具条的“关闭曲面”按钮，打开“关闭曲面”对话框，如图 5-9 左图所示，系统自动选中需要关闭曲面的边线，如图 5-9 中图所示，勾选“缝合”复选框，并单击“确定”按钮，将模型中部的两个洞口使用创建的曲面缝合。

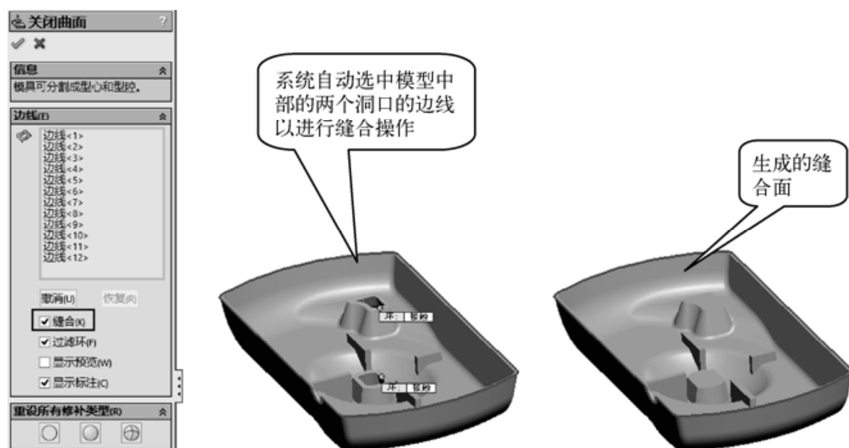


图 5-9　关闭曲面操作

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“分型面”按钮，打开“分型面”属性管理器，如图 5-10 左图所示，选中“垂直于拔模”单选按钮，并设置“分型面”的延伸距离为 40，其他按钮保持系统默认设置，单击“确定”按钮创建分型面，如图 5-10 右图所示。

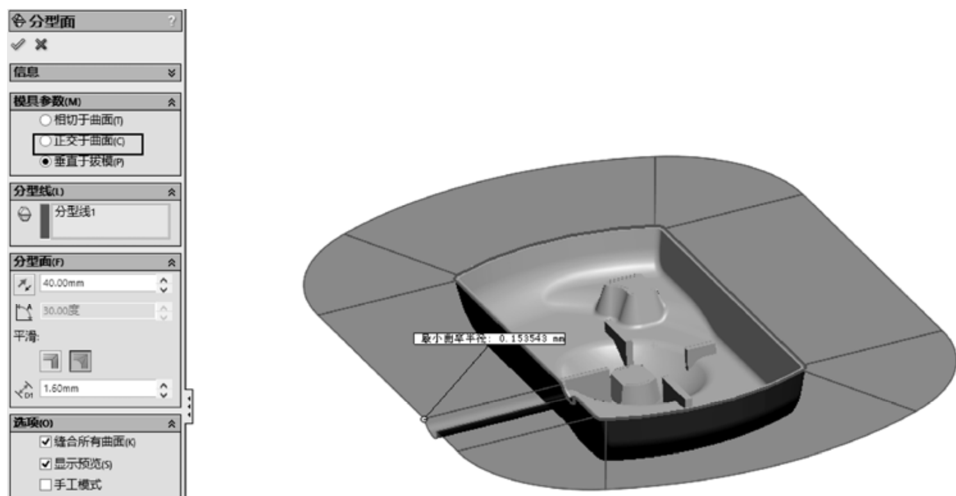


图 5-10　创建分型面操作

STEP 4 单击“模具工具”工具条的“切削分割”按钮，选择分型面平面部分作为“特征横断面”，并绘制一轮廓大于分型线的矩形，如图 5-11 左图所示，完成草图绘制后，系统打开“切削分割”属性管理器，并显示一涵盖模型的方块，如图 5-11 右面两个图所示，保持系统默认，单击“确定”按钮即可创建型芯和型腔。

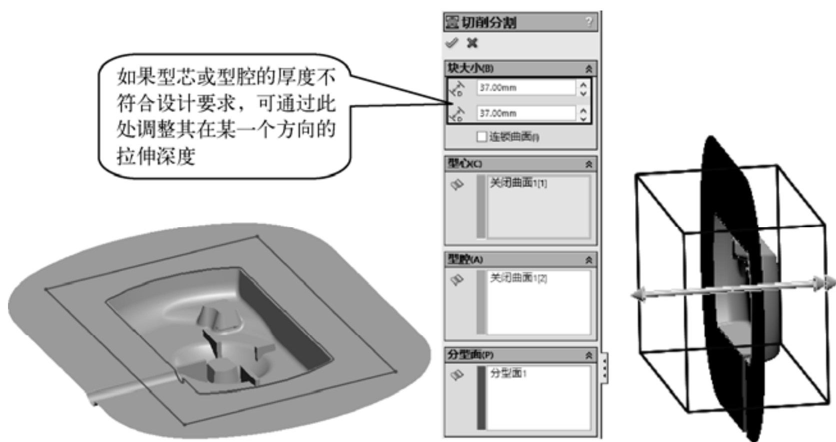


图 5-11　创建型芯和型腔操作

STEP 5 为了方便观看完成分模后的型芯和型腔，首先将分型面隐藏，然后下面通过操作将其与零件移离。选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”命令，弹出“移动/复制实体”属性管理器，如图 5-12 左图所示，选择型芯部分，并设置其在 Z 轴上的移动距离为“-100”，单击“确定”按钮即可，如图 5-12 右图所示。

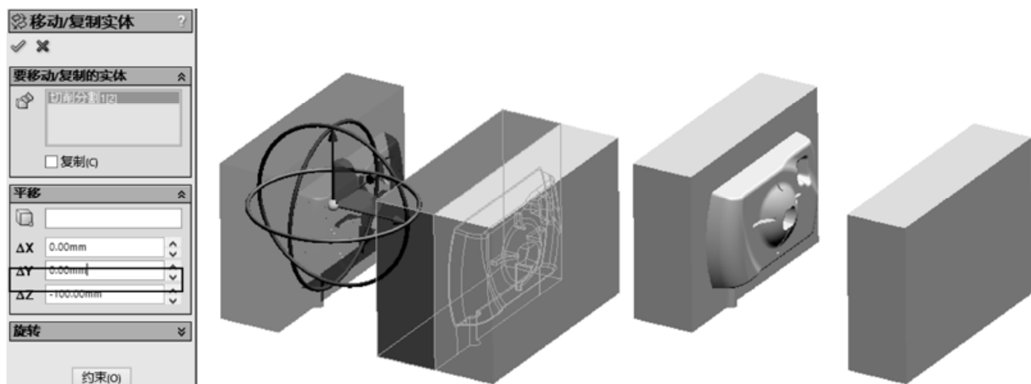


图 5-12　移动型芯操作

STEP 6 通过与 STEP 5 相同操作将型腔部分向相反方向移动即可，如图 5-13 所示。

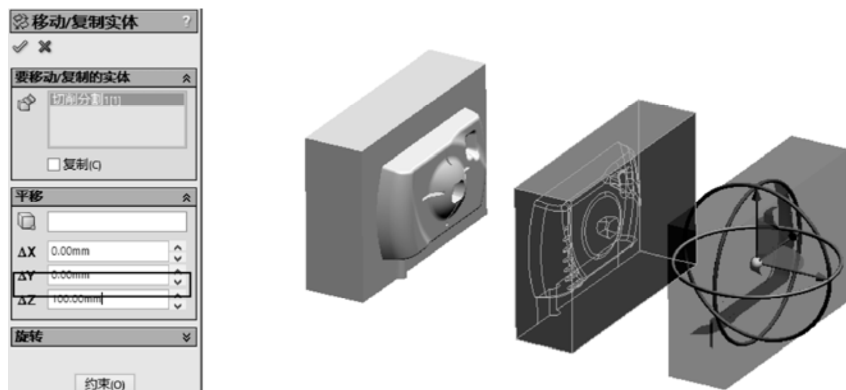


图 5-13　移动型腔操作

5.2　分模前的分析操作

在分模之前，通常需要对模型进行分析。上面实例中的模型较简单，所以在操作过程中省略了分析操作，而如果模型的构造特别复杂，那么通过分析工具对模型进行分析以找出模型的哪些面需要进行调整，则是非常方便的。下面就来看一下这些分析操作。

5.2.1 拔模分析

拔模分析就是通过分析以确定模型的哪些面需要进行拔模，为了让注射件和铸件能够顺利从模具腔中脱离出来，需要在模型上设计出一些斜面，而这些斜面通常就是由拔模操作来实现的。

单击“模具工具”工具条的“拔模分析”按钮，打开“拔模分析”属性管理器，如图 5-14 左图所示，然后选择拔模参考面，并单击“确定”按钮，即可显示拔模分析结果，如图 5-14 中图所示（要执行正确的拔模分析，需安装完整的显卡驱动）。

在“拔模分析”属性管理器中，如图 5-14 左图所示，系统默认提供了三个分析区域，分别为“正拔模”“负拔模”和“需要拔模”区域，其中正负拔模区域是相对于“拔模参考面”已经正拔模或负拔模的区域，也可以理解为无需拔模的区域；而“需要拔模”区域是需要执行拔模操作的面，系统默认使用黄色的进行标识（单击右侧的“编辑颜色”按钮可以更改各区域的颜色，如图 5-14 右图为根据系统提示对模型进行拔模后的效果）。

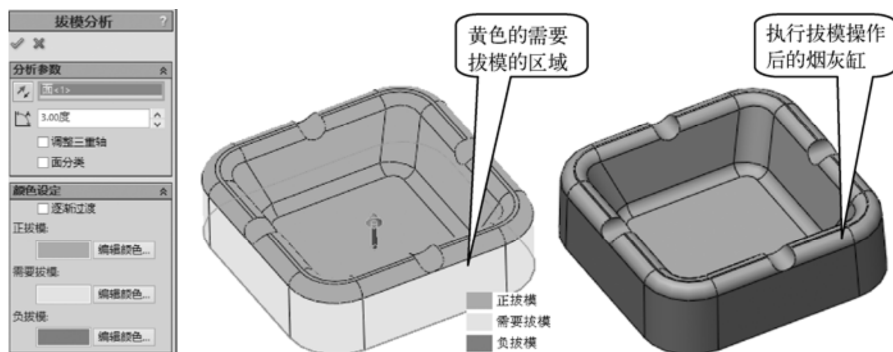


图 5-14　拔模分析操作和拔模效果



> “拔模分析”属性管理器被关闭之后，分析结果仍在操作区域内可见，而且当用户更改零件几何体时，分析结果将实时更新（再次单击“拔模分析”按钮，才可以取消拔模分析结果）。

下面看一下“拔模分析”属性管理器中其他选项的作用，具体如下：

- “逐渐过渡”复选框：勾选此复选框，“需要拔模”项将展开，如图 5-15 左图所示，用于以过渡色的形式显示正拔模到负拔模的变化，如图 5-15 右图所示。
- “拔模角度”文本框：此文本框中的角度值为此次分析中的最小拔模角度，也就是说

模型中的面与拔模方向参照面间的角度值必须大于此拔模角度，否则即会被归类为“需要拔模”区域。

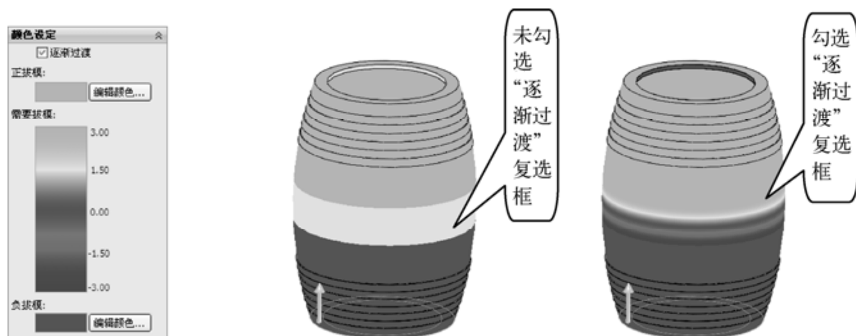


图 5-15 “逐渐过渡”复选框的作用效果

➢ “调整三重轴”复选框：选中此按钮后，将在操作区中显示三重轴，从而可以沿着三重轴调整拔模方向，如图 5-16 所示。

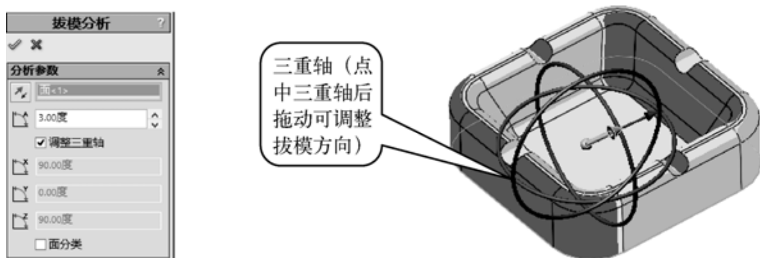


图 5-16 调整三重轴操作

➢ “面分类”复选框：选中此复选框后，可以按照面分类统计每个分类面下面的个数，并会显示“跨立面”面类型，“跨立面”是包含正拔模和负拔模的公共面（见图 5-17），需要使用分割线命令将其分割以利于创建分型线。此外，选中“面分类”复选框后，系统还会显示“查找陡面”复选框，勾选此复选框后，还将在操作区中显示陡面区域，如图 5-18 所示（陡面是包含部分拔模量不够的面）。

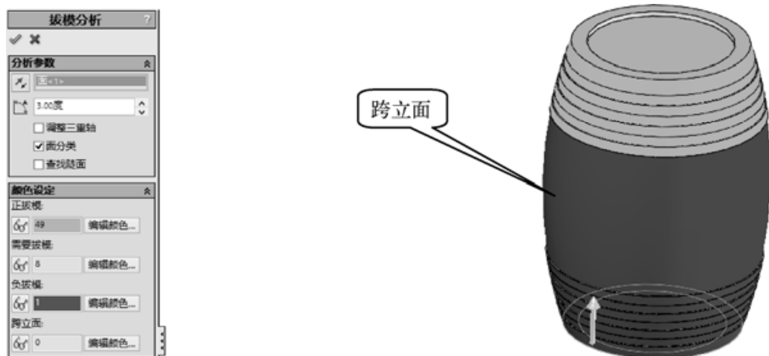


图 5-17 面分类复选框的作用和显示的跨立面效果

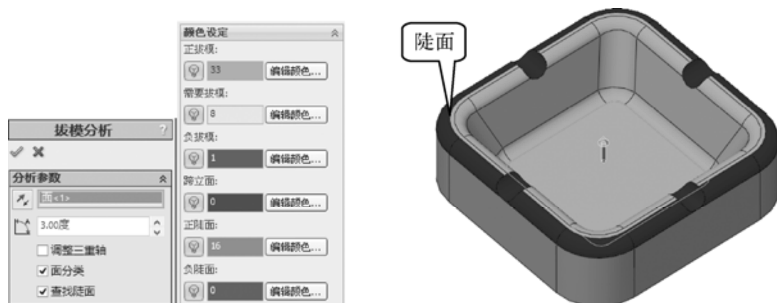


图 5-18　陡面效果

5.2.2 底切分析

底切分析用于识别并显示可能会阻止零件从模具弹出的围困区域。单击“模具工具”工具条的“底切分析”按钮，打开“底切分析”属性管理器，如图 5-19 左图所示，选择一平面作为拔模方向的参考面，即可以显示底切分析结果，如图 5-19 右图所示。

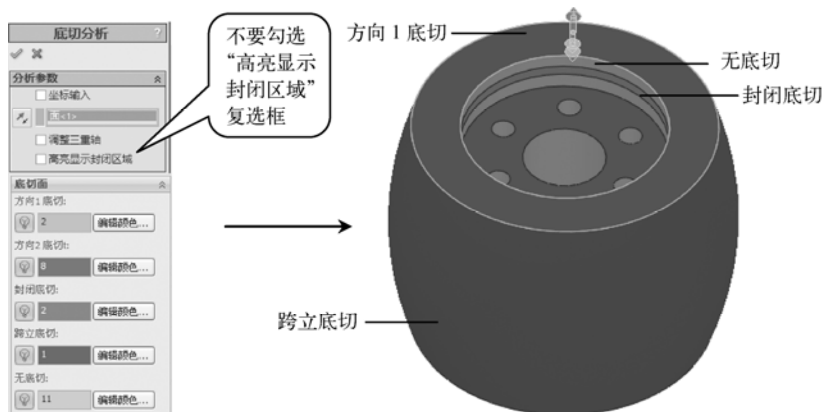


图 5-19　底切分析效果

下面讲解“底切分析”属性管理器中各选项的作用，具体如下：

- “坐标输入”和“调整三重轴”复选框：勾选后，可分别设置通过输入坐标值或通过在操作区调整三重轴来调整拔模的方向。
- 方向 1 底切：自方向 1 无法看到的面（通常为属于型腔或型芯的区域）。
- 方向 2 底切：自方向 2 无法看到的面（通常为属于型腔或型芯的区域）。
- 封闭底切：指在两个方向都无法看到的面，这种面通常需要添加滑块。
- 跨立底切：同跨立面，指在两个方向拔模的面。
- 无底切：通常为与拔模方向平行的面。
- “高亮显示封闭区域”复选框：勾选此复选框后会将跨立底切分为“方向 1 底切”和“方向 2 底切”分别显示，如图 5-20 所示。



图 5-20 “高亮显示封闭区域”复选框的作用

5.2.3 分型线分析

分型线分析可用于找出在模型的何处适合创建分型线。单击“模具工具”工具条的“分型线分析”按钮，打开“分型线分析”属性管理器，如图 5-21 左图所示，选择一平面作为拔模方向的参考面，系统将高亮显示适合创建分型线的位置，如图 5-21 右图所示。

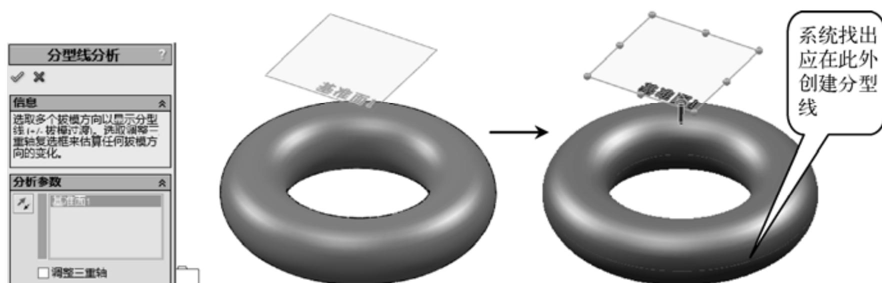


图 5-21 “高亮显示封闭区域”复选框的作用

在“分型线分析”属性管理器中勾选“调整三重轴”复选框，可在操作区中沿着三重轴调整分型方向，如图 5-22 所示，并且系统会根据新的分型方向计算此时分型线的位置。

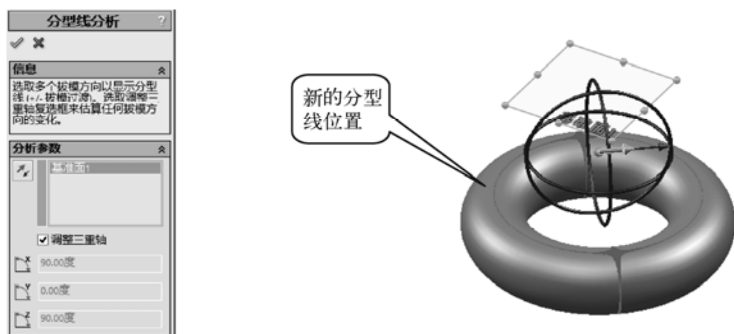


图 5-22 调整三重轴的位置及新的分型线分析结果

实例精讲——手柄模具分析

对模型进行适当的分析，可以帮助用户快速找到适合分型的方向，以及适合创建分型线的位置等。本实例操作在于帮助用户熟悉上面三个分析工具的使用方法。

【制作分析】

本实例所使用的零件模型和分析后的界面如图 5-23 所示，下面讲解具体的操作。

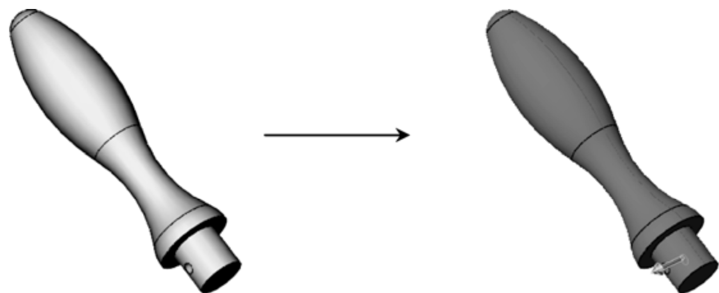


图 5-23　零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“手柄模具分析（素材）.SLDPRT”，如图 5-23 左图所示，单击“模具工具”工具条的“拔模分析”按钮，选择模型的底部平面，对模型进行拔模分析，如图 5-24 所示（用户可以尝试从此图中找到此方向分模需要拔模的黄色区域）。

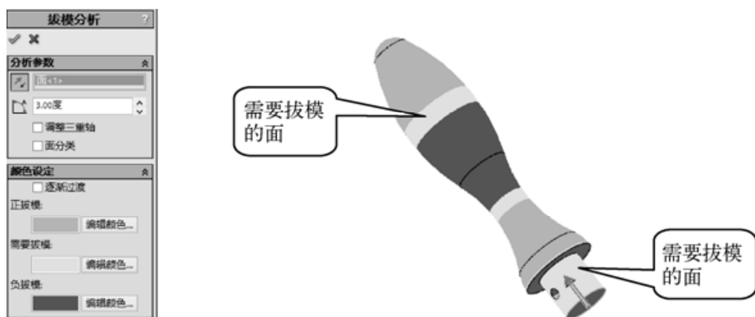


图 5-24　拔模分析操作 1

STEP 2 取消上面的拔模分析结果，选择“手柄圆孔底面”作为拔模参考面，再次对模型进行拔模分析，并尝试查找此方向分模需要拔模的面，如图 5-25 所示。

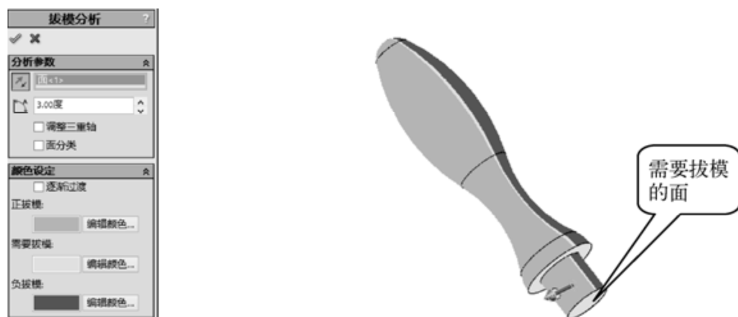


图 5-25　拔模分析操作 2

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“底切分析”按钮，选择模型的底部平面，并取消“高亮显示封闭区域”复选框的勾选状态，对模型进行底切分析，如图 5-26 所示。请查找在

此方向上分模，封闭底切的区域，即妨碍模型脱模的区域及跨立底切面。

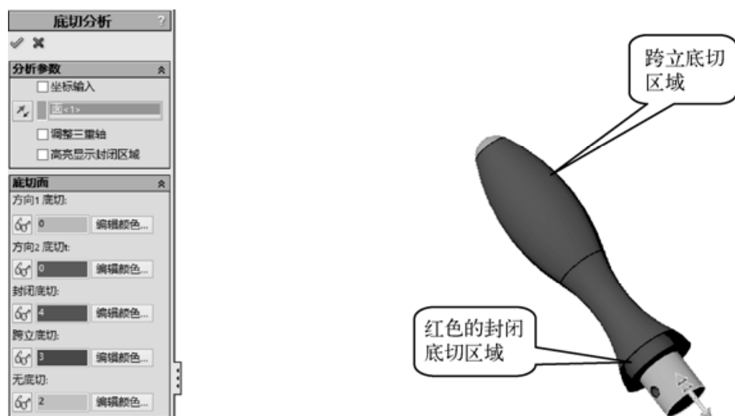


图 5-26　创建分型线操作

STEP 4 取消上面的底切分析结果，选择“手柄圆孔底面”作为拔模参考面，再次对模型进行底切分析，并勾选“高亮显示封闭区域”复选框，如图 5-27 所示。请尝试查找此方向分模，封闭底切的区域。

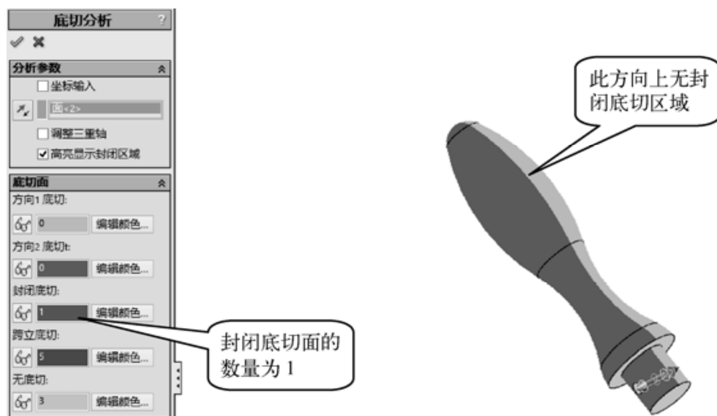


图 5-27　创建分型线操作

STEP 5 单击“模具工具”工具条的“分型线分析”按钮，选择“手柄圆孔底面”进行分型线分析操作，以找到适合创建分型线的位置，如图 5-28 所示。



图 5-28　创建分型线操作

5.3 分模前的整理操作

所创建的零件模型并不都适合于直接进行分模，如有的模型在脱模的方向上没有斜度，所以需要执行拔模操作，或者一些面属于跨立面，需要创建分割线才能创建分型线等。所以为了利于后续的分模操作，在分模前，有必要进行整理操作。

5.3.1 分割线

分割线可以将所选的面分割为多个分离的面，在分模过程中，“分割线”主要用于分割“跨立面”以利于在需要分模的位置创建分型线，如图 5-29 所示。

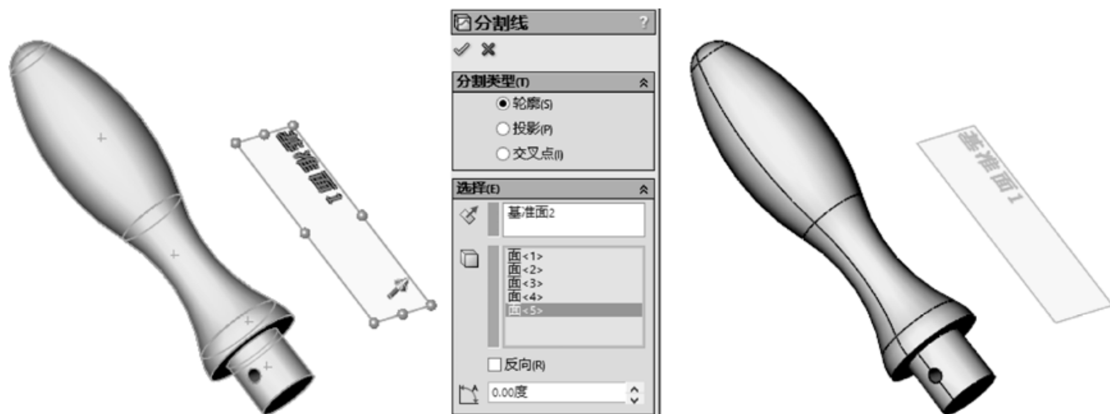


图 5-29　创建分割线操作



注意，在上面的操作中，模型并没有完全被分割，两个与基准面垂直的面无法分割，此时需要使用“投影”线进行分割，或在创建分型线时手动连接。

5.3.2 拔模

在模具制作过程中，拔模特征的主要作用就是生成拔模斜面，以利于脱模（试想如果没有拔模面，在脱模时，模型就像一个瓶盖一样扣在模具上，要想脱模会有不少阻力）。

此外，由于模型多种多样，且建模过程较为复杂，并不是所有的面都适合拔模（虽然可能此面确实需要拔模），此时不妨使用“分型线”拔模法进行反方向拔模，如图 5-30 所示（此模型如果选择底部平面进行中性面拔模，显然无法拔模）。

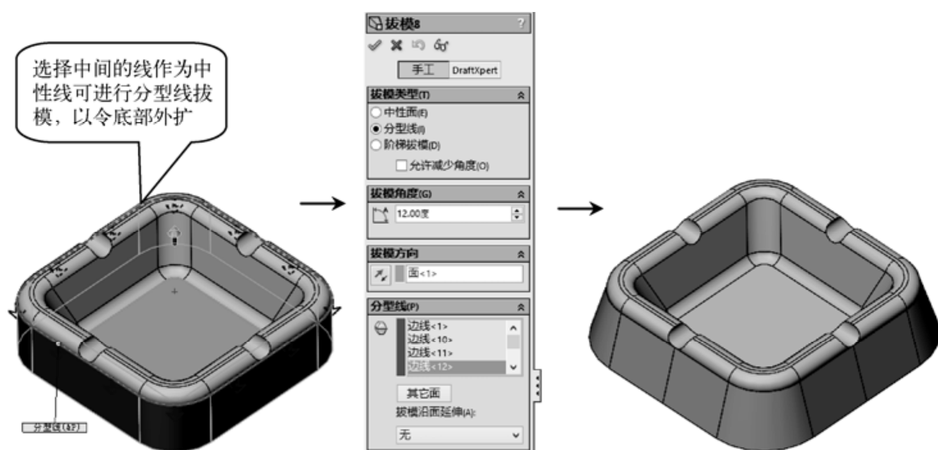


图 5-30 拔模操作

5.3.3 移动面

使用移动面功能可以移动模型上某些面的位置，但是所移动的面不能改变与其相连的面的形状，更不能在移动面后产生新的面，否则将无法移动面。

要执行“移动面”操作，可单击“模型工具”工具条中的“移动面”按钮，然后选择要移动的面，并设置移动面的方式（如“等距”方式）和移动面的距离，即可完成移动面操作，如图 5-31 所示。

共有三种移动面的方式，下面分别讲一下其意义：

- “等距”方式：要移动的面以等距的方式移动，相邻面进行相应延伸或裁剪，所谓“等距”是指要移动的面上的每一点与原面对应点的距离都相同，如图 5-31 左图所示。

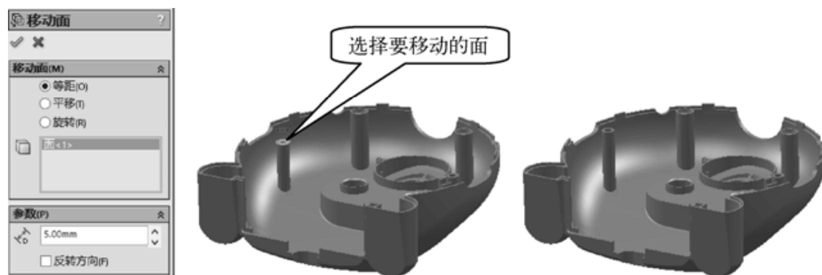


图 5-31 移动面操作

- “平移”方式：要移动的面以平移的方式移动，相邻面进行相应延伸或裁剪，所谓“平移”是指在“参考方向”（此时需要选择参考方向）的方向上，要移动的面上的每一点与原面对应点的距离都相同，如图 5-32 中图所示。
- “旋转”方式：以某个旋转轴为参照，以旋转方式移动面，如图 5-32 右图所示。



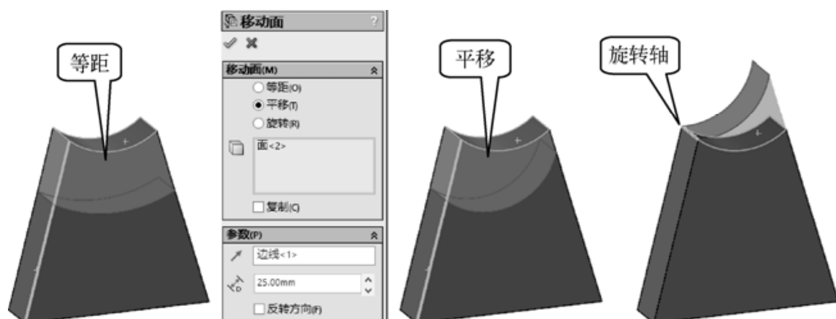


图 5-32 “移动面”的三种形式



> “移动面”特征实际上主要用于模具电极的制作。在塑料模具的制造过程中，在加工型腔或型芯时，经常会遇到如窄槽、深腔或为了保持尖锐边等，这些表面可能通过常规机械无法加工，这时就需要使用电火花加工机床进行加工。

实际上，根据加工部件的形状特征制作匹配的电极，也是一种模具设计操作。电极的形状通常与模型相近，但是有时为了保证电极摇动的需要，或很多其他加工要求，用户都有必要使用“移动面”功能对所制作的电极进行调整。

电极通常由紫铜和石墨制成。关于其详细设计和加工制作的方法，请参考其他专业书籍。

5.3.4 比例缩放

塑料模具在冷却至室温后，其尺寸或体积将发生收缩变化，零件的这种收缩率是影响塑料制品精度的主要因素之一，为了避免由于零件收缩而产生不符合产品尺寸的情况，可以提前按照比例对模型进行缩放。

要按照比例缩放零件，可单击“模具工具”工具条中的“比例缩放”按钮，打开“缩放比例”对话框，然后设置缩放比例，并单击“确定”按钮即可，如图 5-33 所示。

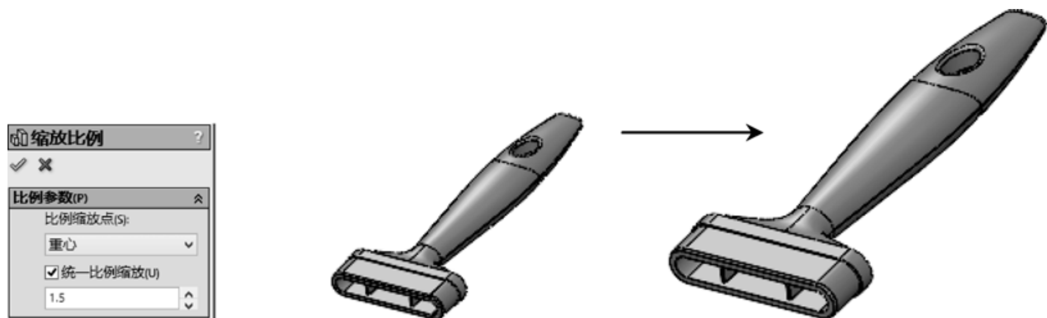


图 5-33 “比例”缩放零件





在“缩放比例”对话框的“比例缩放”下拉列表框中，系统共提供了 3 种比例缩放的参照点（即比例缩放点），用户可根据需要进行选择。此外，取消“统一比例缩放”复选框的勾选状态，可以在 X、Y、Z 轴的方向上单独设置所缩放的比例。

实例精讲——安全帽分模操作

下面讲解安全帽的分模操作，以对前述内容进行回顾，加深对相关内容的理解和掌握。



【制作分析】

本实例所使用的零件模型和分模后的型腔、型芯如图 5-34 所示，下面讲解具体操作。

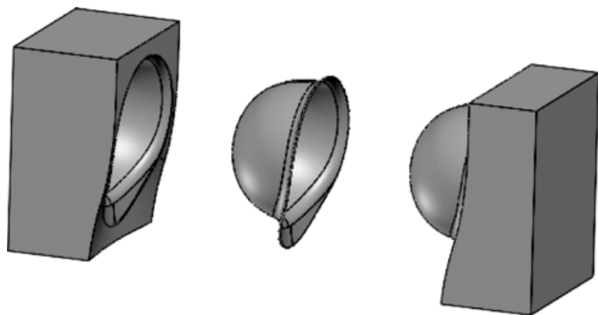


图 5-34 模型和分模后的型芯、型腔



【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“安全帽分模（素材）.SLDPRT”，如图 5-35 左图所示，单击“模具工具”工具条的“分割线”按钮，以“轮廓”分割类型，选择“上视基准面”为参照面，选择安全帽边缘的四个面作为被分割的面，执行分割操作，如图 5-35 右图所示。

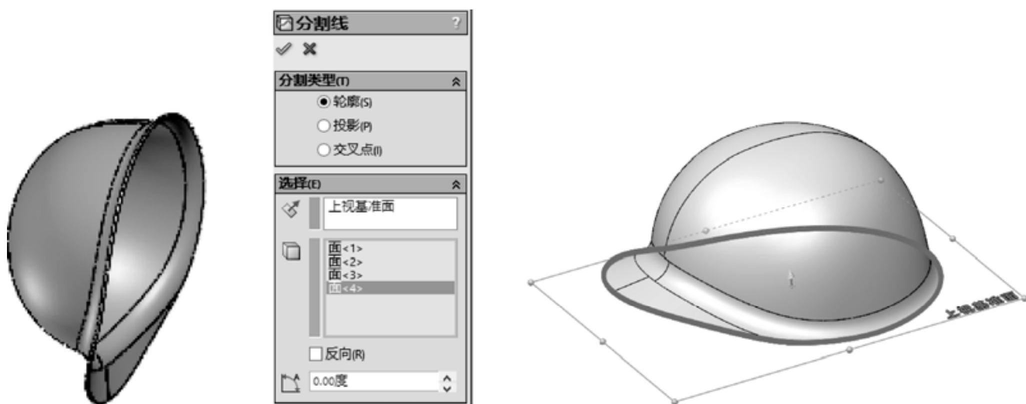


图 5-35 模型和创建分割线操作

STEP 2 单击“模具工具”工具条的“分型线”按钮，选择“上视基准面”作为拔模参照面，单击“拔模分析”按钮，系统自动找到“分型线”，如图 5-36 所示，单击“确定”按钮。

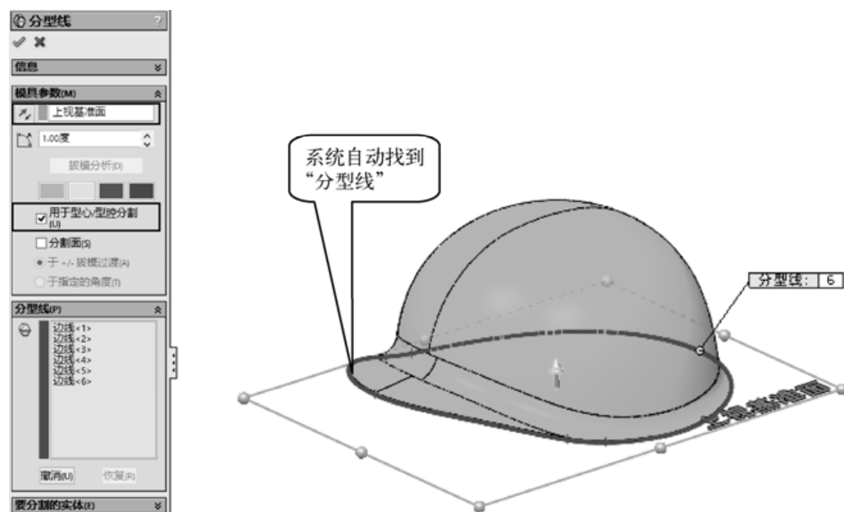


图 5-36　创建分型线操作

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“分型面”按钮，打开“分型面”属性管理器，设置分型面“正交于曲面”，设置分型面的延伸长度为 33.5，如图 5-37 所示，单击“确定”按钮。

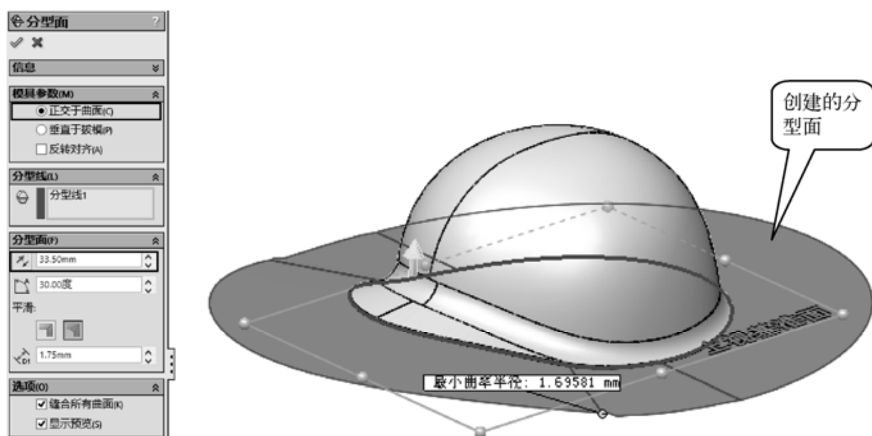


图 5-37　创建分型面操作

STEP 4 单击“模具工具”工具条的“切削分割”按钮，选择“上视基准面”绘制如图 5-38 左图所示的矩形（矩形边缘应包含分型线，并小于分型面的边缘），完成后系统自动打开“切削分割”属性管理器，并显示模具的范围，如图 5-38 右面两个图所示，在“切削分割”属性管理器中，系统自动选好了型芯、型腔和分型面，按照图示设置好模具实体两侧延伸的长度，单击“确定”按钮。

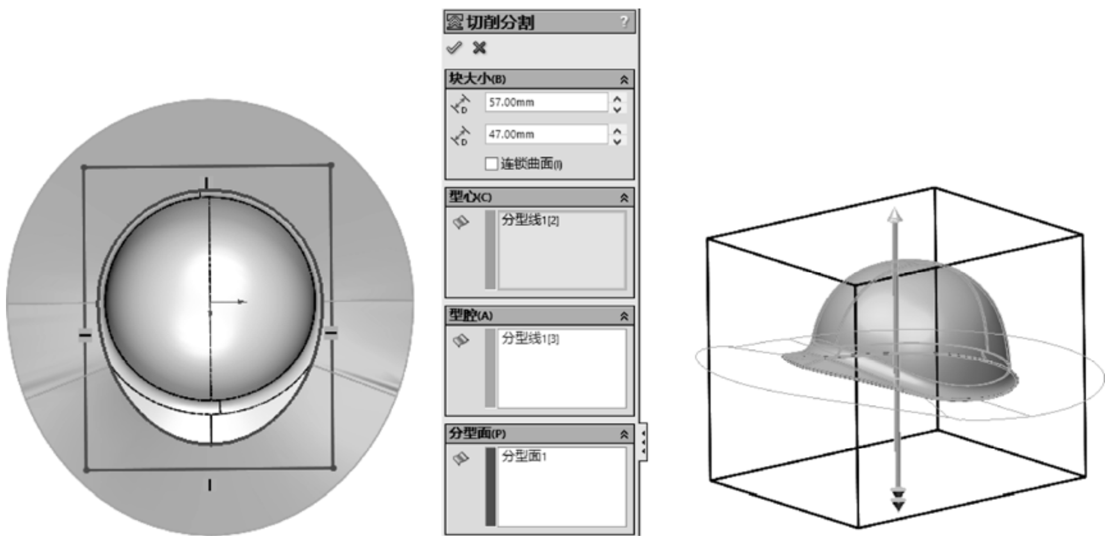


图 5-38　创建型腔、型芯操作

STEP 5 与上面 5.2 节中最后两步的操作相同，选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行两次“移动/复制”操作，将模型的型腔和型芯移动到模型的两侧，并将分型线和分型面隐藏，得到基本的分模效果，如图 5-34 所示。

5.4　分模操作

本节介绍使用 SolidWorks 提供的自动分模工具进行分模的操作。在 SolidWorks 中，自动分模操作有固定的步骤，通常创建的先后顺序为：“分型线”>“关闭曲面”>“分型面”>“切削分割”，顺序执行这些操作即可完成分模，分割出型腔和型芯。下面分别看一下各个工具的使用方法。

5.4.1 分型线

分型线的主要作用实际上就是用来创建分型面，它是产品模型的最大轮廓线（必须是闭合的），然后沿着这个轮廓线向外延伸就可以创建分型面，再使用分型面则可以分割出型腔和型芯，这样就完成了整个分模操作。

单击“模型工具”工具条中的“分型线”按钮，然后选择拔模方向的参照面，设置好“拔模角度”，再单击“拔模分析”按钮，系统将根据拔模角度自动查找分型线，并将找到的分型线显示在“分型线”下拉列表框中（如果没有找到分型线，或者分型线不正确，则需要手动选择分型线），单击“确定”按钮完成分型线创建操作，如图 5-39 所示。

需要注意的是，创建“分型线”并不仅仅只是创建了一条线，当在分型线的内侧，模型两侧已经没有相通的孔（即无需执行关闭曲面操作），此时除了创建了分型线外还会创建两个包裹原模型的面，如图 5-40 左图所示为移开所创建面的效果。而模具的型腔和型芯实际上也就是以分型面和此处创建的包裹面为界限进行分割的，如图 5-40 右图所示。

这实际上也是“用于型芯/型腔分割”复选框的主要作用，如果不选择此复选框，则不会

创建这个面，同样在后续操作中也无法分模。

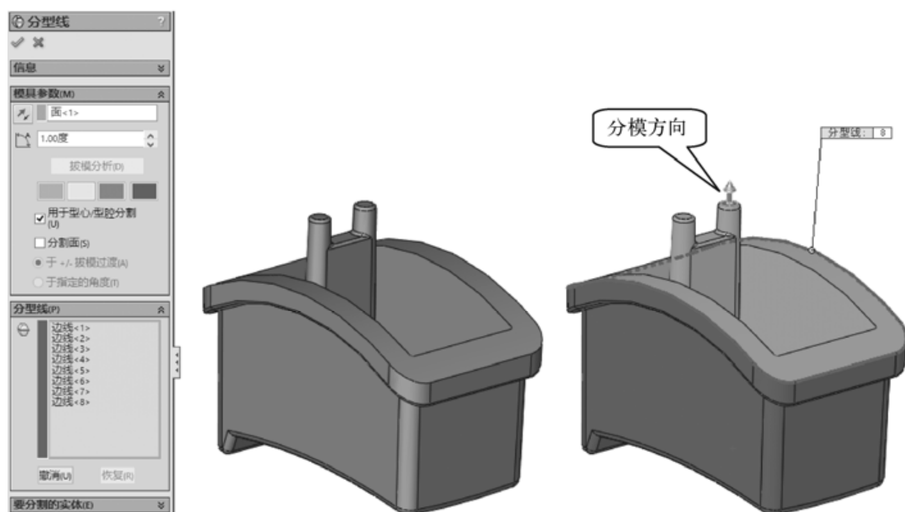


图 5-39　创建分型线操作

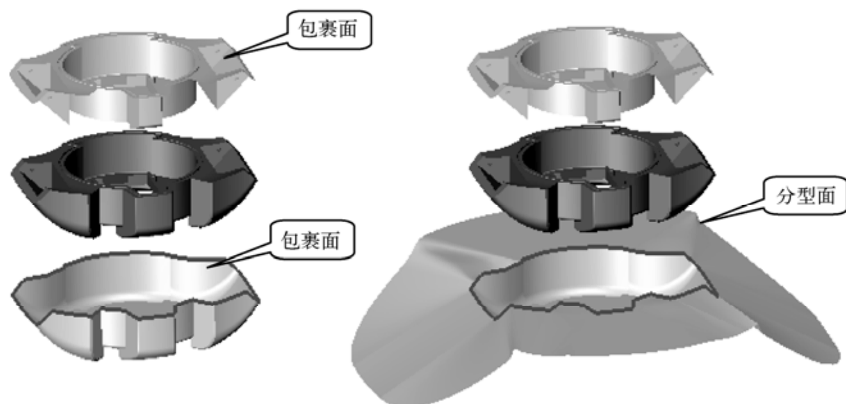


图 5-40　创建分型线时间顺带创建的包裹面



提示

如果在分型线内侧模型仍然有未封闭的“孔”，那么此处将不会创建包裹面，而将在执行后面的“关闭曲面”操作时创建包裹面。当然也可通过手动创建包裹面，此时使用“等距曲面”命令令模型一侧的面进行零距离延伸即可，然后可以使用创建的包裹面分割型腔和型芯。

选中“分型线”属性管理器中的“分割面”按钮，可在执行“拔模分析”时，自动将跨立面在适当的位置分割，如图 5-41 所示。其中，选中“于+/-拔模过渡”单选按钮，可以在模型的“正负拔模分界”的位置自动分割面；选中“于指定的角度”单选按钮，则将在指定的拔模角度处自动分割面。

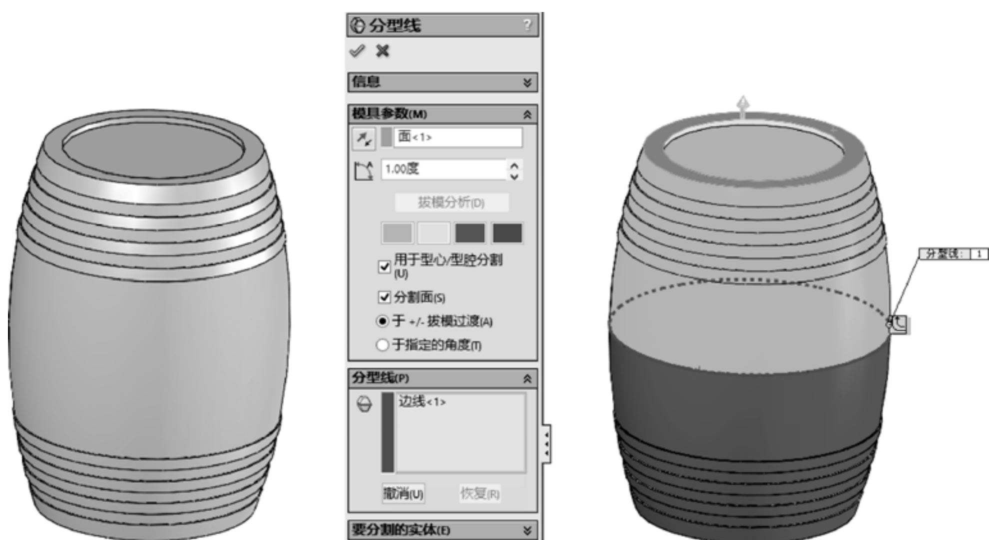


图 5-41　“分割面”复选框的作用

在“分型线”属性管理器对话框中的“要分割的实体”卷展栏中，可以选择模型表面上的草绘图形或选择两个点从而生成线段来分割模型面，从而与“分型线”卷展栏中的曲线一起创建分型线，如图 5-42 所示。

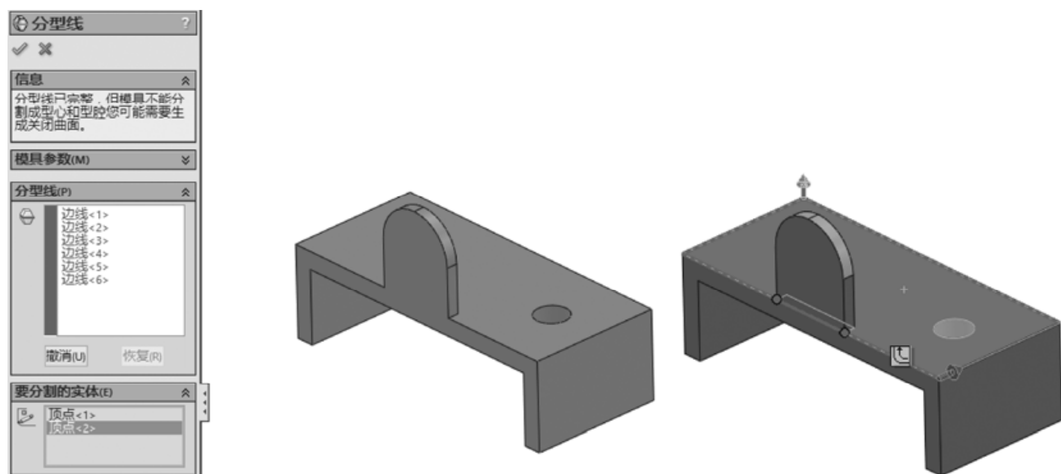


图 5-42　要分割的实体卷展栏的作用

5.4.2 关闭曲面

“关闭曲面”就是用填充面修补产品模型中的孔，如果不填充面，型腔与型芯将相互连接，软件则不知道该从孔的哪个位置开始拆模。

在创建好分型线后，单击“模型工具”工具条中的“关闭曲面”按钮，系统将自动选择用于“关闭曲面”的边界线，如图 5-43 左面两个图所示，按照系统默认设置，单击“确定”



按钮，即可创建“关闭曲面”，如图 5-43 右图所示。

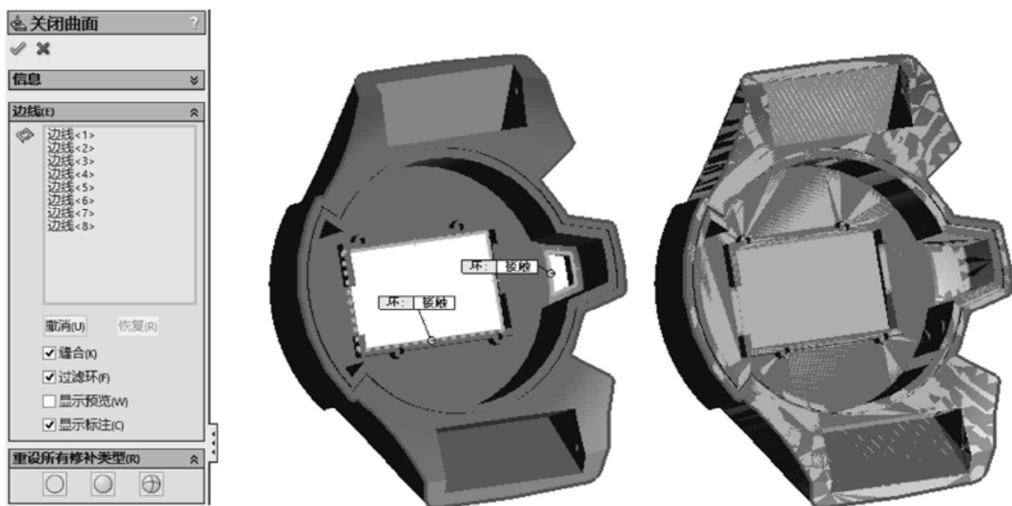


图 5-43　关闭曲面操作

下面讲解“关闭曲面”属性管理器中各选项的作用：

➢ “缝合”复选框：勾选此复选框后，创建的“关闭曲面”将与系统自动创建用于分型的轮廓面缝合。如系统中有很多低质量面，则可以取消此复选框的勾选，以在缝合曲面后进行手工修复。
➢ “过滤环”复选框：当模型中孔的环线较多时，显示此选项，以过滤掉模型上似乎不是有效孔的环。如果用户的模型中的有效孔被过滤，消除此选项，系统将会选择更多的环。
➢ “显示预览”复选框：显示“关闭曲面”的预览效果。
➢ “显示标注”复选框：在关闭曲面的过程中显示标注（双击标注可更改“关闭曲面”的修补类型）。
➢ “重设所有修补类型”卷展栏：用于批量修改填充曲面的修补类型。共有 3 种修补类型，分别为：“全部不填充”，即不生成填充面；“全部接触”，即与环线接触方式生成面；“相切面”，即以与边线的接触面相切的方式生成面。

5.4.3 分型面

分型面用于确定型腔和型芯的位置，即通过分型面来分离型腔和型芯，它是以分型线向四周按一定的方式进行扫描、延伸或扩展而形成的一组连续的封闭曲面。

在创建好分型线后，单击“模型工具”工具条中的“分型面”按钮，系统将自动选择用于创建“分型面”的分型线，如图 5-44 所示，在“分型面”属性管理器中选择好分型面的延伸方向，如选择“垂直于曲面”，再设置好分型面的延伸“距离”，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮，即可创建“分型面”。



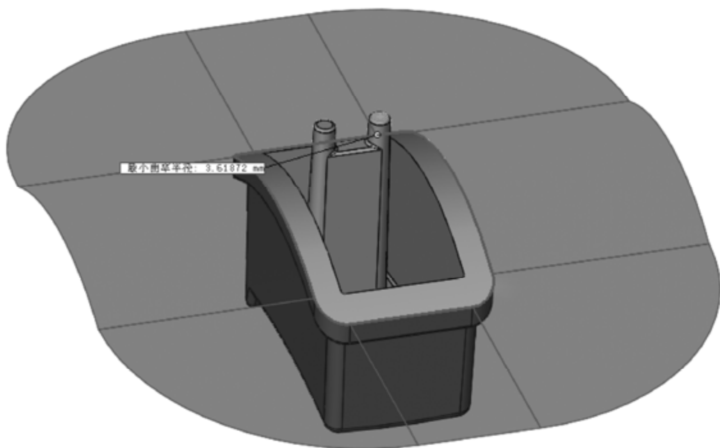


图 5-44 创建分型面操作

下面讲解“关闭曲面”属性管理器中各选项的作用：

- “模具参数”卷展栏：提供 3 种曲面延伸方式，分别为：“相切于曲面”，分型面与曲面相切，如图 5-45 左图所示；“正交于曲面”，分型面与分型线的曲面垂直，如图 5-45 中图所示；“垂直于拔模”，分型面与拔模方向垂直，如图 5-45 右图所示。

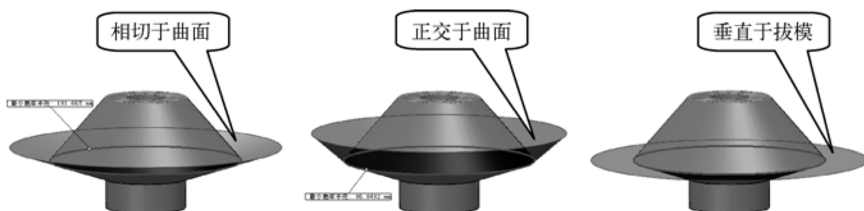


图 5-45 分型面的 3 种延伸类型



此处内容与“建模”操作中的“直纹曲面”意义相似，只是此处与直纹曲面略有不同，在创建“相切于曲面”和“正交于曲面”时，曲面的延伸方向还受到下面“分型面”卷展栏中“角度”文本框参数的制约。

- “分型线”卷展栏：用于手动选择分型线。
- “分型面”卷展栏：用于设置分型面的详细参数。其中“距离”文本框用于设置分型面的延伸长度；“角度”文本框用于设置分型面与拔模方向垂直的角度；“尖锐”按钮用于设置相邻边线间延伸的曲面“尖锐”相连；“平滑”按钮用于设置相邻边线间延伸的曲面“平滑”相连，如图 5-46 所示。



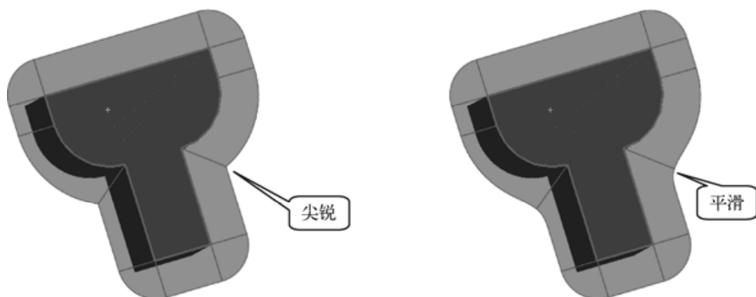


图 5-46　分型面的“尖锐”和“平滑”延伸方式



提示

“角度”文本框在“相切于曲面”和“正交于曲面”延伸方式时可用，是一个 1°～90° 的值，需要注意的是，在此两种方式下，此角度值实际上只在 0° 与“正交”（或“相切”）的角度值之间起作用。

➢ “选项”卷展栏：用于对分型面进行扩展设置。其中“缝合所有曲面”选项用于将分型面与上面创建“分型线”过程中生成的零件轮廓面缝合（如此处不缝合，则需要进行手工缝合，否则无法分模）；在“相切于曲面”延伸方式下会显示“优化”选项，用于优化分型面，以利于切削加工。

5.4.4 切削分割

在完成上面的操作后，便可以执行生成型腔和型芯的“切削分割”操作了。在“切削分割”操作中，将首先通过创建一拉伸的实体，然后使用上面创建的分型面对实体进行分割，从而创建出型腔和型芯。

在创建好分型面后，单击“模型工具”工具条中的“切削分割”按钮，选择一与拔模方向垂直的面，并创建一涵盖零件但并不超出分型面区域的草绘图形，如图 5-47 左图所示，完成草图后系统自动选择所需面，如图 5-47 中图所示，设置型腔块和型芯块两侧延伸的距离，单击“确定”按钮即可完成“切削分割”操作，效果如图 5-47 右图所示。

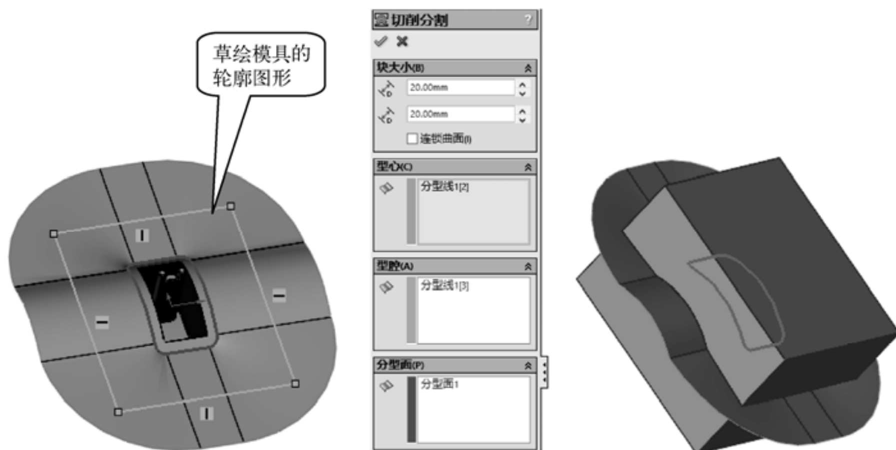


图 5-47　“切削分割”操作

在完成“切削分割”操作后，通过选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行“移动/复制”操作，可将型芯、型腔及模型分离，从而可从不同角度观察整个型芯和型腔的分割效果，如图 5-48 所示。

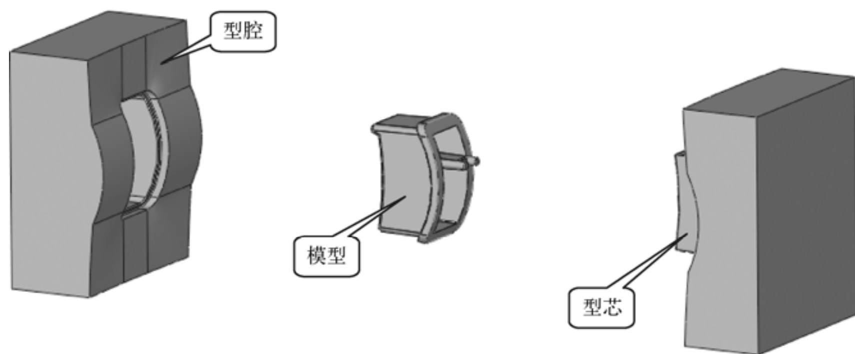


图 5-48　分离的型芯和型腔效果



提示

如图 5-46 中图所示，“切削分割”属性管理器的“型芯”“型腔”和“分型面”卷展栏，分别用于选择“型芯”“型腔”侧的零件轮廓面，以及上面创建的“分型面”，如零件的轮廓面或分型面为手工创建，那么此处则将需要手工选择这些面。

此外，在“切削分割”属性管理器中，还有一个“连锁曲面”复选框，勾选此复选框后，可以在“切削分割”时自动创建“连锁曲面”。需要注意，此时“切削分割”的草绘面应位于模型的一侧，且草绘轮廓应大于分模面，而连锁曲面是沿着分型面以一定拔模角度延伸的面，如图 5-49 所示。创建连锁曲面的目的是在合模过程中防止型芯和型腔块错位。

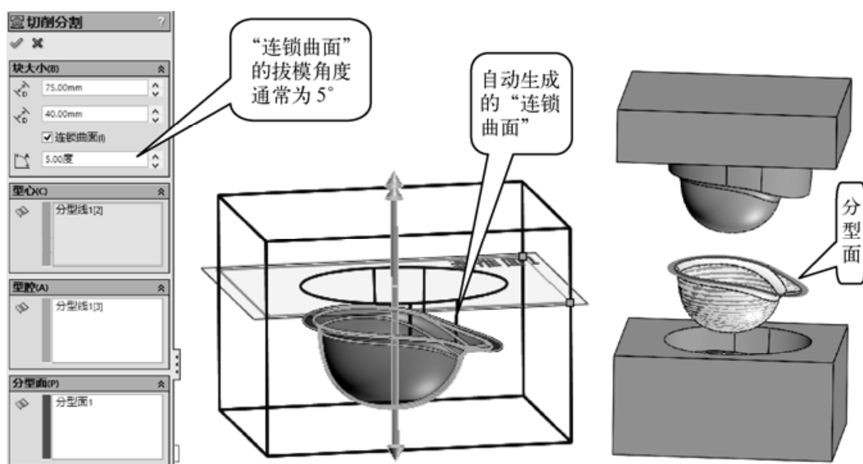


图 5-49　创建“连锁曲面”操作



5.4.5 型芯

“型芯”特征主要用于创建模具的侧型芯。由于模型中会存在一些阻碍模型脱模的侧孔或卡扣，如图 5-50 所示，此时即需要创建侧型芯。



图 5-50　模具中有孔无法脱模

“型芯”特征在创建侧型芯时，将拆分上面分模操作分离出来的型腔块或型芯块，将其某一部分拆分为独立的型芯进行加工（其操作类似于“拉伸切除”）。需要注意的是一次“型芯”操作不可以产生两个实体。

下面讲解“型芯”的创建过程。在完成“切削分割”操作后，单击“模型工具”工具条中的“型芯”按钮，选好要创建侧型芯的型腔块或型芯块，其侧面创建草绘图形，如图 5-51 左图所示，弹出“型芯”属性管理器，设置型芯延伸的方向和距离，单击“确定”按钮即可创建侧型芯，如图 5-51 中图和右图所示。

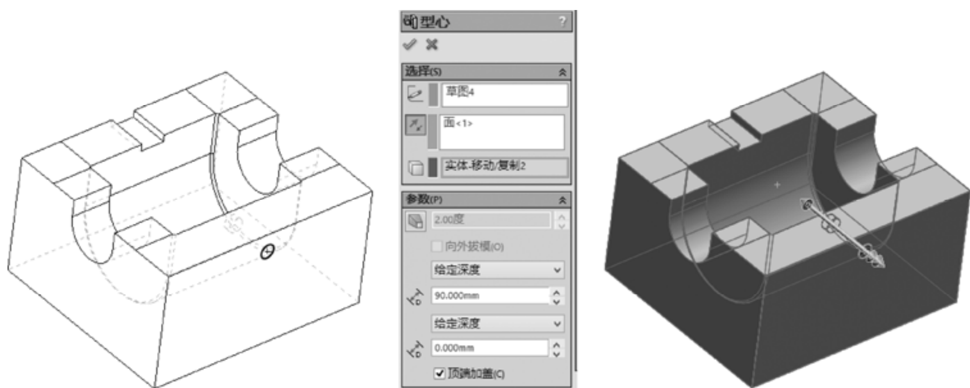


图 5-51　创建型芯操作

型芯创建完成后，可使用系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，将型芯移离，以观察其效果，如图 5-52 所示。



“型芯”属性管理器中各个选型的意义与“拉伸切除”特征中对应的选项基本相同，所以此处不再做过多解释。

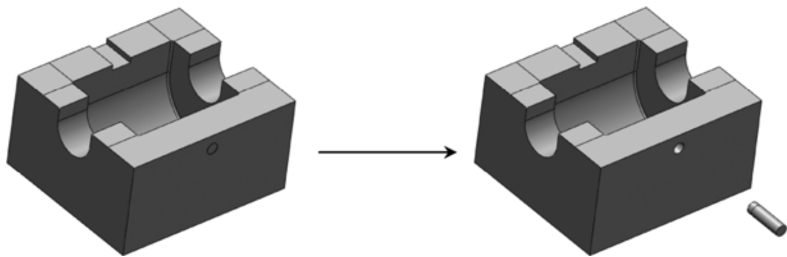


图 5-52 分离的型心效果

需要注意的是，此处多了一个“顶端加盖”复选框，勾选此复选框后，如果型芯在模具实体中终止，则可以在终止位置定义型芯的终止面，如图 5-53 所示。

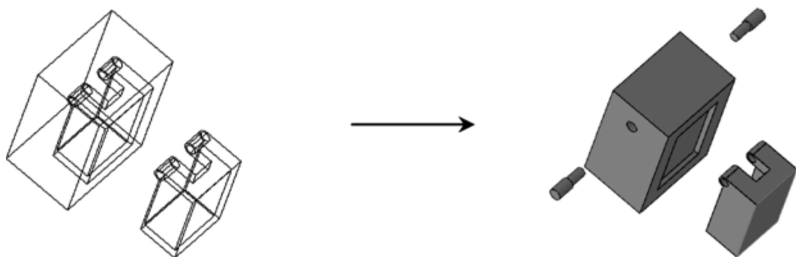


图 5-53 “顶端加盖”复选框的作用

此外，实际上在“模具工具”工具条中，系统还隐藏了一个“型腔”按钮，此按钮主要用于在装配模式下创建型芯和型腔，其创建思路与前述步骤完全不同，而且更加灵活，此处由于篇幅限制不再做过多讲解，有兴趣的用户可参看本系列图书的后续版本。

实例精讲——创建手机壳注射模具

下面讲解手机壳注射模具的创建操作，以复习本章所有内容。

【制作分析】

本实例的完整注射模具如图 5-54 左图所示，由于篇幅限制，此处仅讲述型腔、型芯和顶杆、侧型芯的创建，如图 5-54 右图所示。

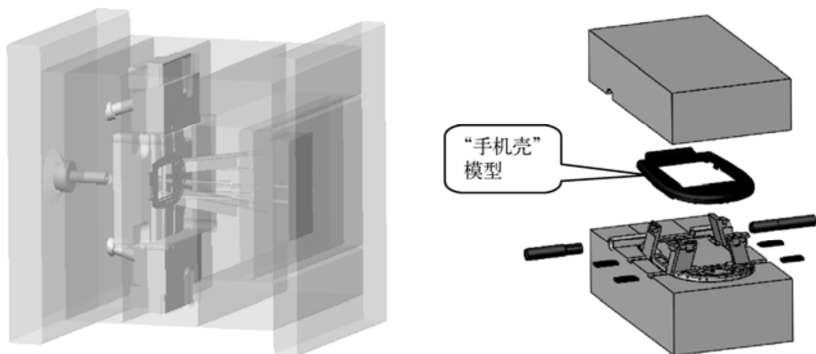


图 5-54 完整注塑模具和本实例要创建的部分

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“手机壳注射模具（素材）.SLDPRT”，如图 5-55 左图所示，单击“模具工具”工具条的“分割线”按钮，以“轮廓”分割类型，选择“前视基准面”作为参照面，选择手机壳前部曲面作为被分割的面，执行分割操作，如图 5-55 右图所示。



图 5-55　分割面操作

STEP 2 单击“模具工具”工具条的“分型线”按钮，选择“前视基准面”作为参照面，顺次选择手机壳最外侧的边线，并在两端前部转轴竖面处，使用“要分割的实体”选择顶点创建分型线，如图 5-56 所示。

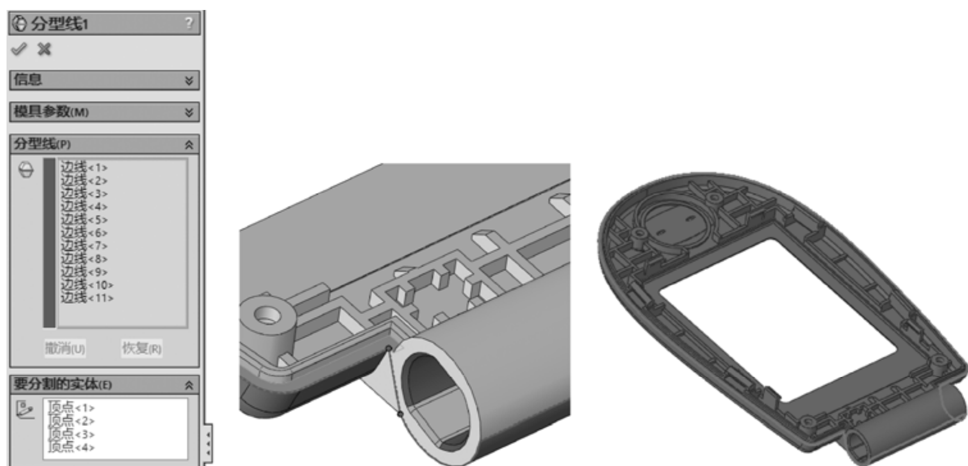


图 5-56　创建分型线操作

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“关闭曲面”按钮，系统自动选中要关闭的面，单击转轴处自动选择的中间面，取消其选择状态（此处无需创建关闭曲面），单击“确定”按钮创建“关闭曲面”，如图 5-57 所示。

STEP 4 单击“模具工具”工具条的“延展曲面”按钮，打开“延展曲面”属性管理器，如图 5-58 左图所示，以“前视基准面”为参照面，选中手机壳的后部分型线段，设置延展距离为 30，创建“延展曲面”，如图 5-58 右图所示。

STEP 5 通过与 STEP 4 相同的操作，以“前视基准面”为参照面，在手机壳的两侧创建“延展曲面”，如图 5-59 所示。



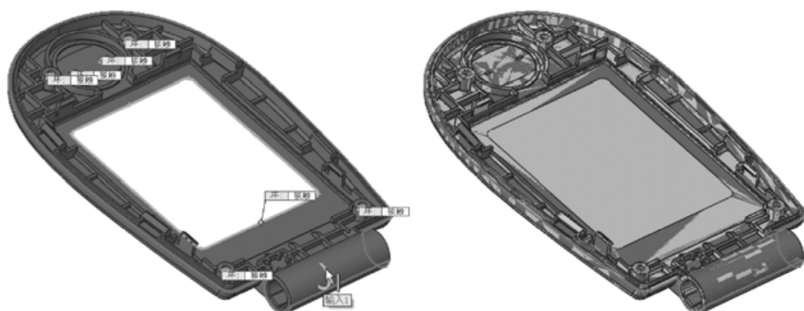


图 5-57　关闭曲面操作



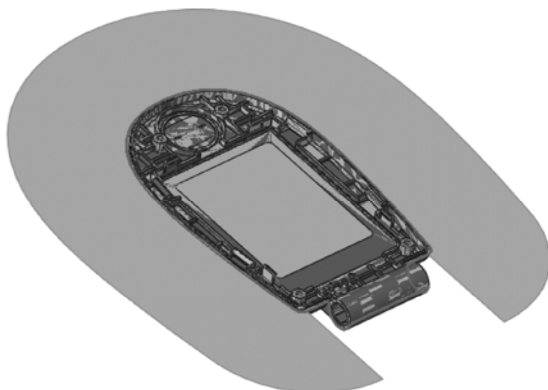


图 5-58　延展曲面操作

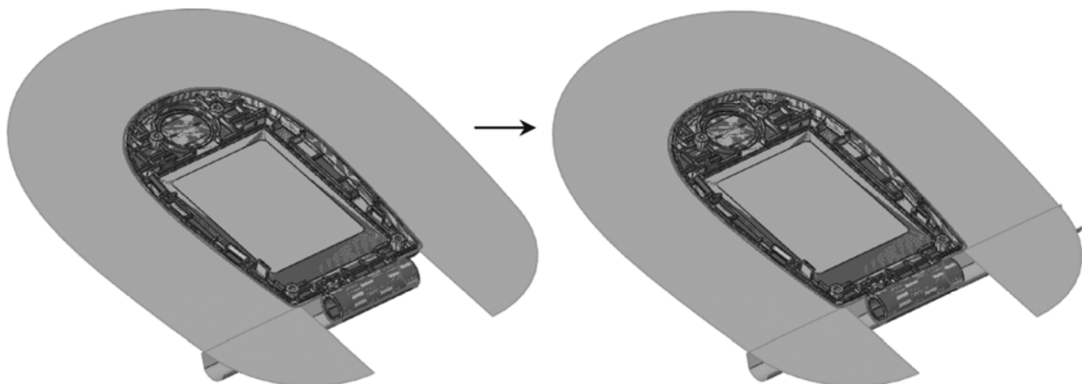


图 5-59　延展曲面操作

STEP 6 选择系统主菜单“插入”>“曲面”>“剪裁曲面”菜单命令，使用“标准”剪

裁方式，对模型左右两侧的曲面分别执行剪裁操作，如图 5-60 所示。

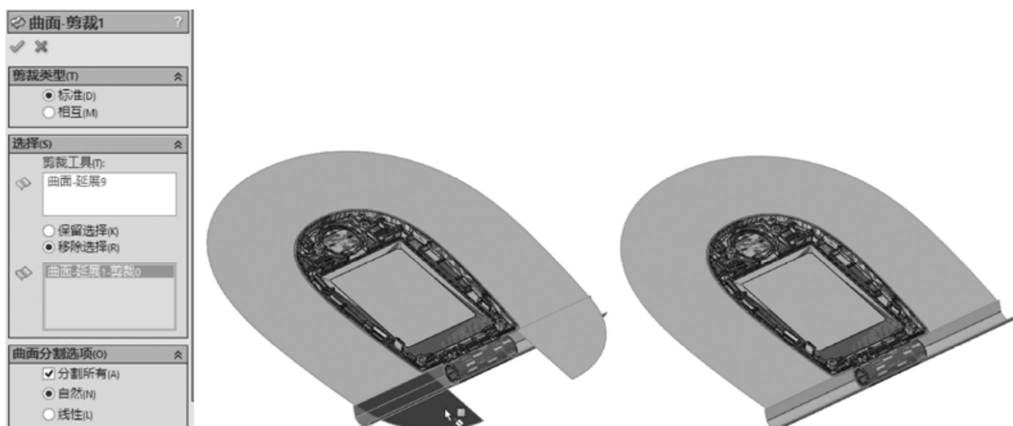


图 5-60　剪裁曲面操作

STEP 7 单击“模具工具”工具条的“延展曲面”按钮，选择图 5-61 所示模型边线执行多次曲面延展操作，延展距离为 40。

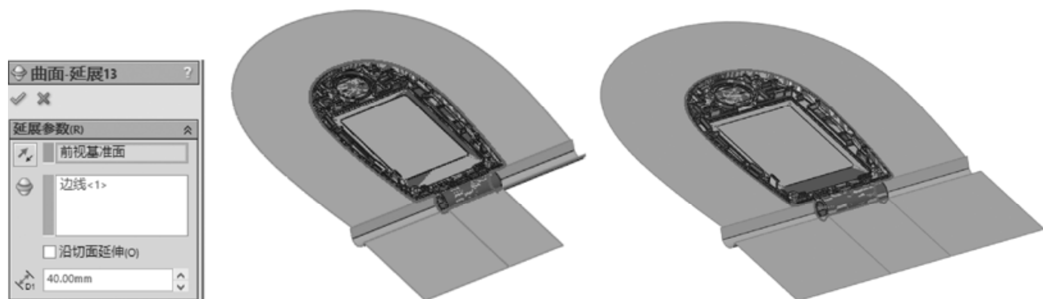


图 5-61　延展面操作

STEP 8 单击“模具工具”工具条的“缝合曲面”按钮，选中上面创建的所有延展面，使用系统默认间隙对曲面执行缝合操作，如图 5-62 所示。

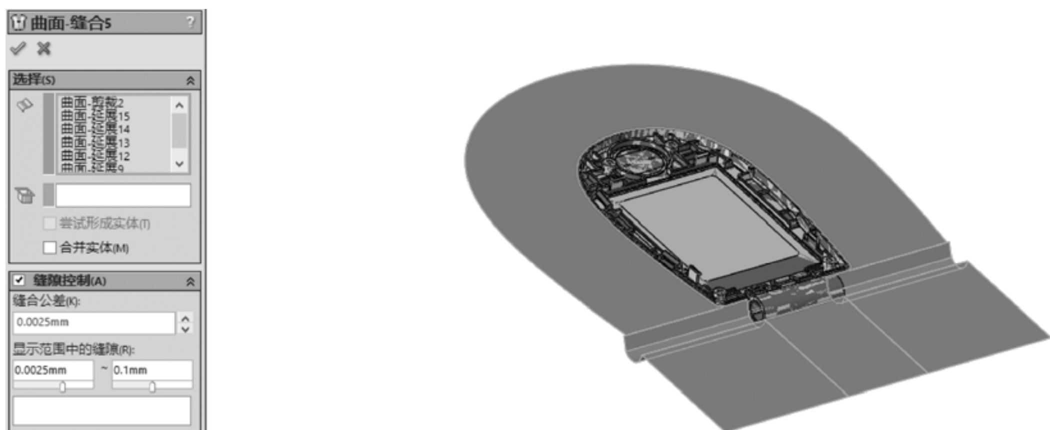


图 5-62　缝合面操作

STEP 9 单击“模具工具”工具条的“切削分割”按钮，选中“前视基准面”绘制一长方形草图，执行分割操作，如图 5-63 所示。

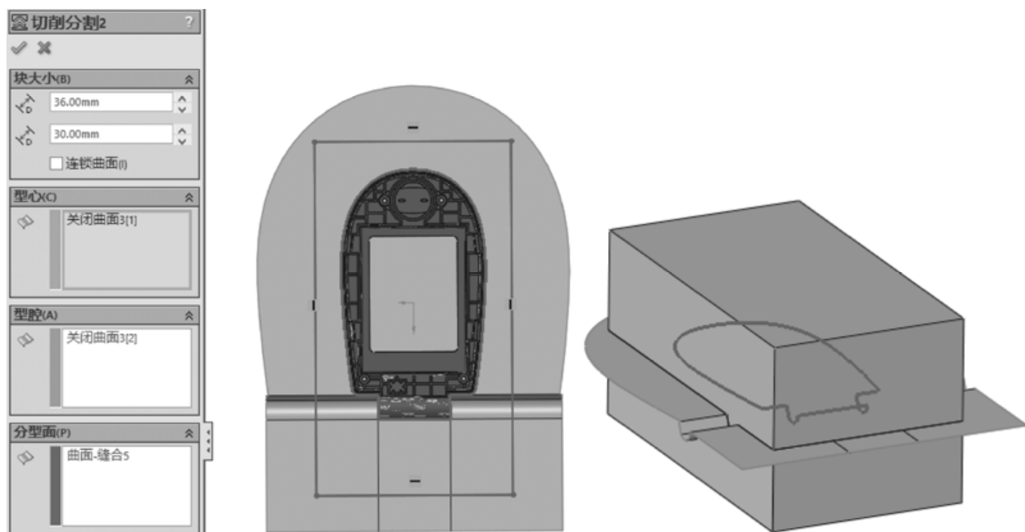


图 5-63　切削分割操作

STEP 10 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行两次“移动/复制”操作，将型芯和型腔分离，如图 5-64 左图所示，然后翻转模型，并将除了型芯以外的模型全部隐藏（因为下面操作将主要在型芯上创建顶杆和侧型芯）。

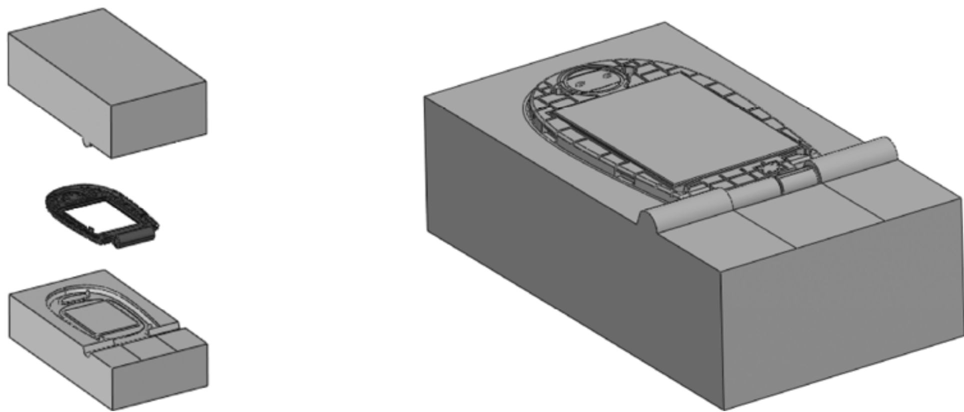


图 5-64　移动型腔和型芯实体操作

STEP 11 在型芯的一个侧面创建圆，并执行“型芯”命令，在型芯的一侧创建侧型芯，如图 5-65 左面两个图所示，然后再次执行相同操作，在模型的另一侧创建侧型芯，如图 5-65 右图所示。

STEP 12 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行“移动/复制”操作，勾选“复制”复选框，并选中模型型芯，以在 X 轴上“-200”的距离复制出一个型芯，如图 5-66 所示。



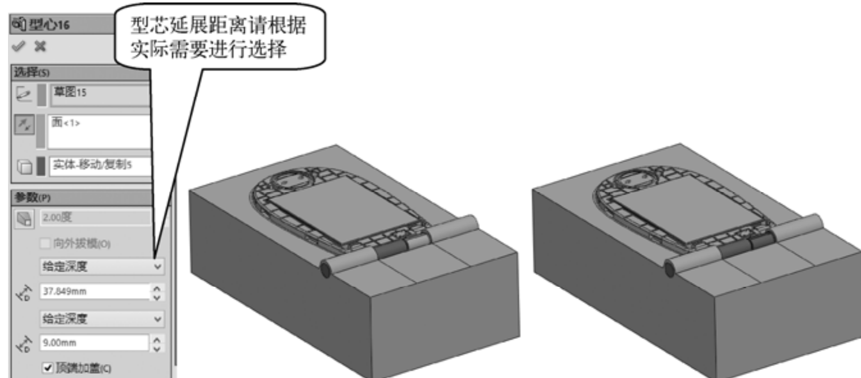


图 5-65　创建型芯操作

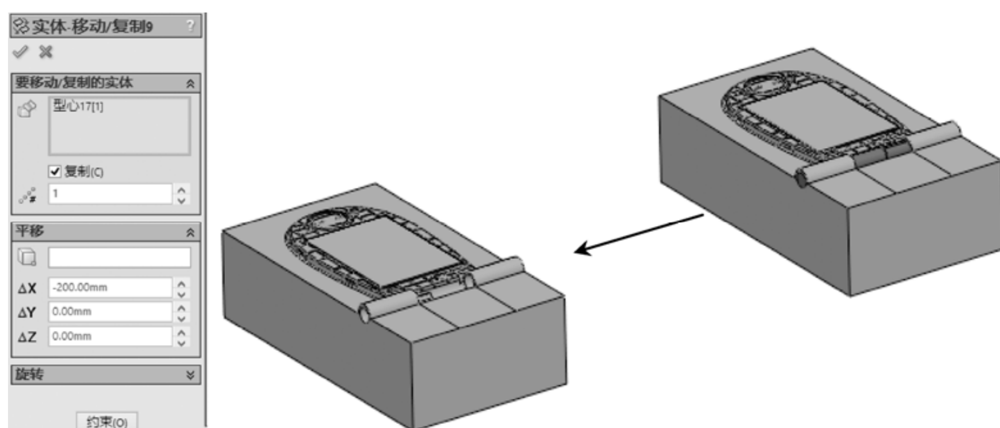


图 5-66　复制实体操作

STEP 13 在复制出的型芯的前部平面上绘制如图 5-67 左图所示的草绘图形，然后创建一与此草绘图形中的直线垂直的平面，如图 5-67 右图所示。

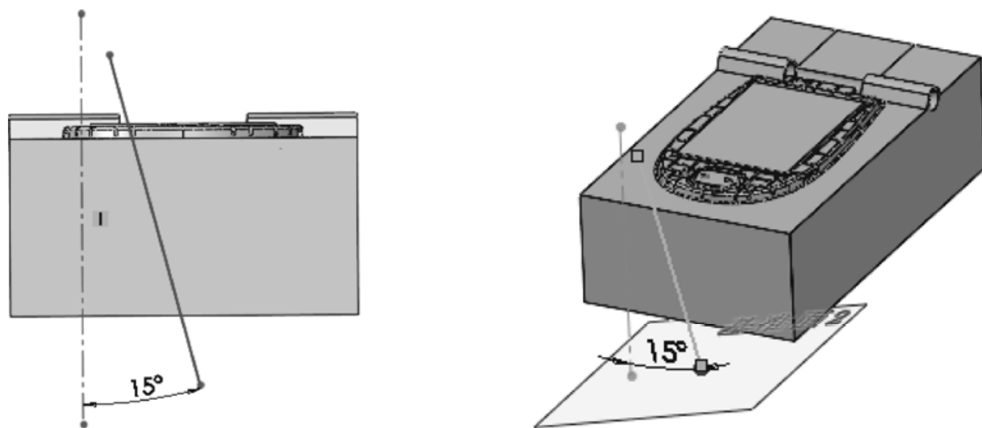


图 5-67　创建草图和面操作

STEP 14 在 STEP 13 所创建的平面上绘制图 5-68 左图所示的草绘图形（草图的轮廓大小和相对位置，是由于脱模需要所决定的，详细参数用户可自行研究），并单击“型芯”按钮创建如图 5-68 右图所示的型芯。

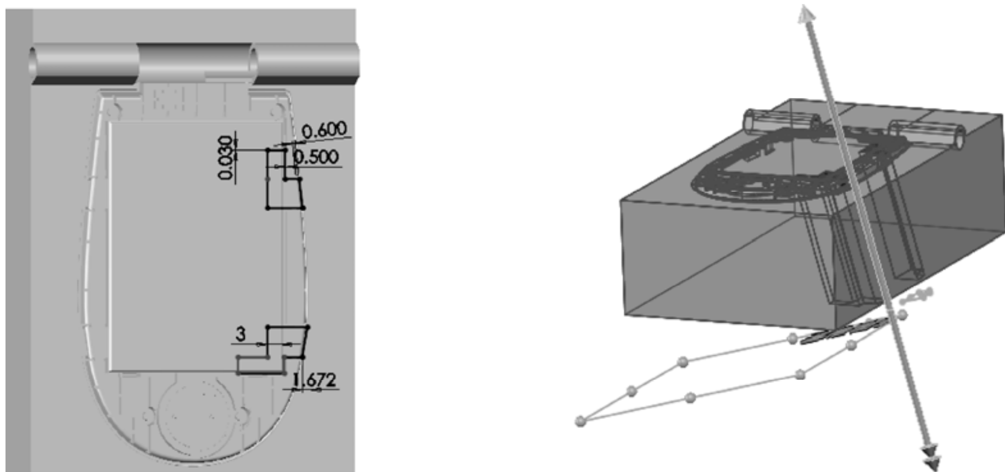


图 5-68 创建型芯操作

STEP 15 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“删除实体”菜单命令，将除新创建的“型芯”外的实体删除，如图 5-69 所示。

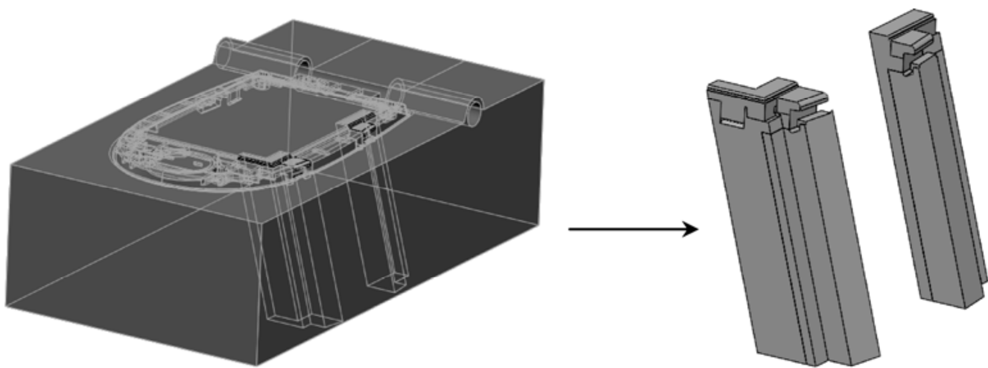


图 5-69 删除实体操作

STEP 16 在剩余的实体侧面创建图 5-70 左图所示的草绘图形，并选择系统主菜单“插入”>“特征”>“分割”菜单命令，对创建的“型芯”实体执行切割操作，然后再执行“插入”>“特征”>“删除实体”菜单命令，将切割的实体删除，如图 5-70 右面几个图所示。

STEP 17 在型芯的后面实体面上，创建草绘图形，并执行“拉伸删除”操作，将其阻碍模型脱模的部分删除，如图 5-71 所示。

STEP 18 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，勾选“复制”复选框，并选中处理后的型芯，以在 X 轴上“200”的距离复制出一个型芯，如图 5-72 所示。

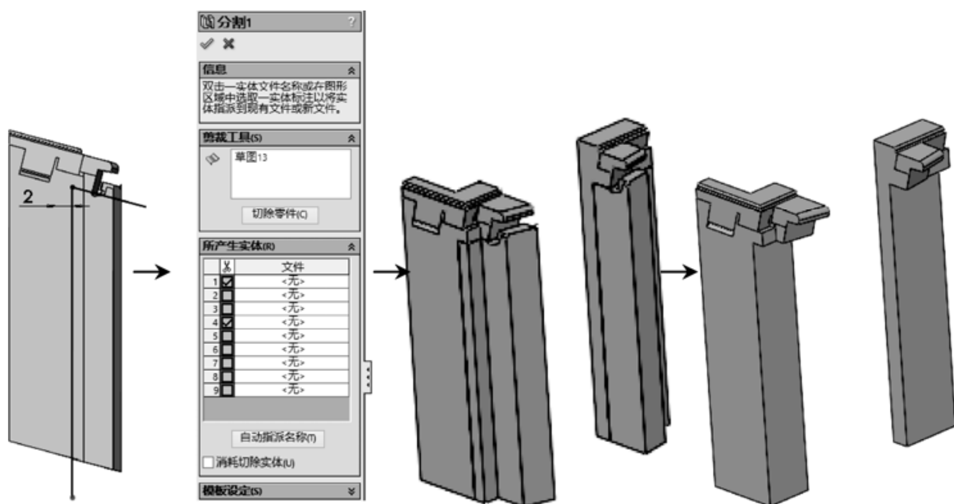


图 5-70　对型芯进行处理的操作 1

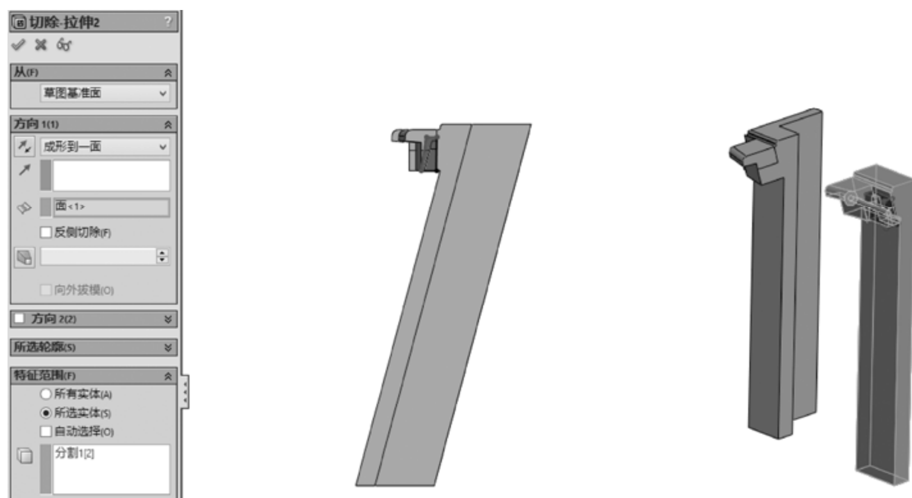


图 5-71　对型芯进行处理的操作 2

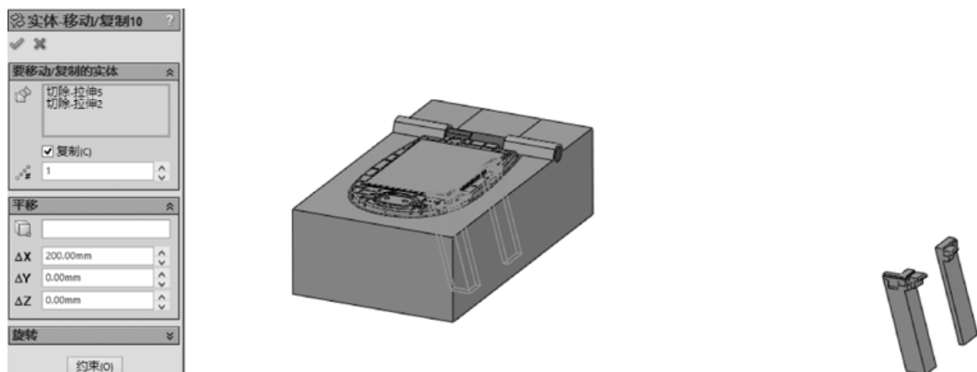


图 5-72　“移动/复制”实体操作

STEP 19 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“组合”菜单命令，在打开的“组合 1”属性管理器中选中“删减”单选按钮，并选中“型芯”为主要实体，选择复制过来的“型芯”（即顶杆）为“要组合的实体”，执行“组合”实体操作，如图 5-73 所示。



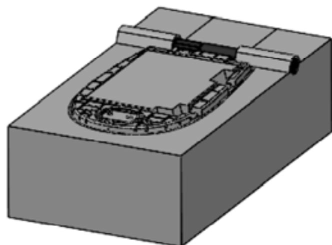
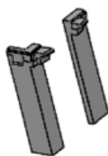



图 5-73 ““组合”实体操作

STEP 20 通过同STEP 12～STEP 19相同的操作，在模型的另外一侧创建相同的型芯，即顶杆，如图 5-74 所示。

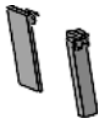
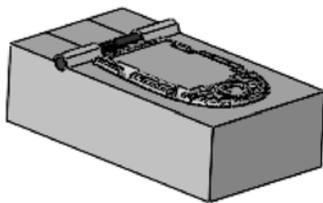




图 5-74 创建另外一侧的顶杆

STEP 21 在型芯的一个侧面创建图 5-75 左图所示的草绘图形（注意其底部的两个顶点与前部延伸面的底部顶点重合，上部执行应超出型芯上表面），再依此草绘图形创建一侧型芯，并将其移离型芯。如图 5-75 右图所示。

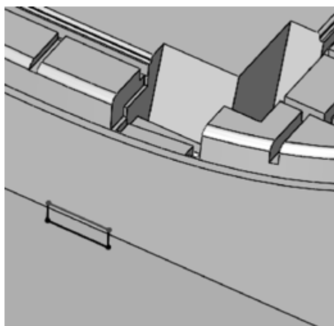
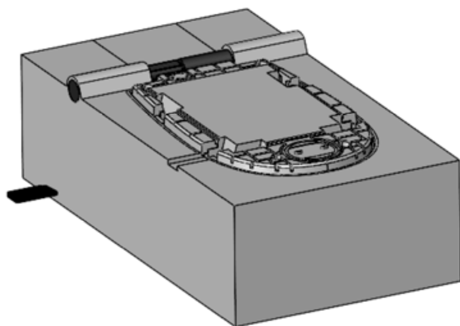



图 5-75 创建侧型芯

STEP 22 通过与 STEP 21 相同的操作，创建其他 4 个侧型芯，如图 5-76 所示（对于在此处创建侧型芯的作用，用户可自行研究）。

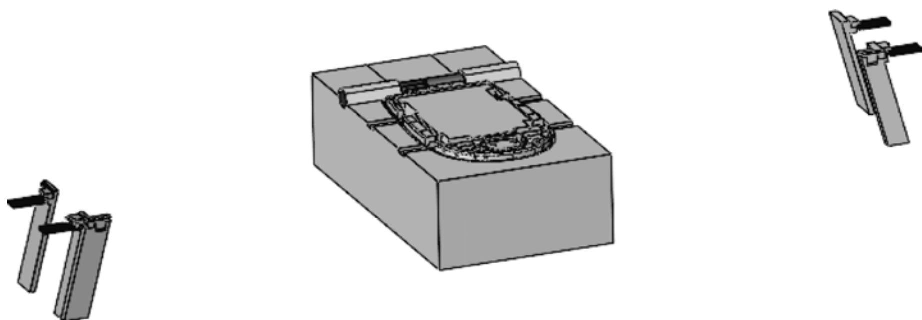


图 5-76　创建其他侧型芯

STEP 23 最后执行数次“移动/复制”操作，将顶杆和型芯移动到合适的位置，如图 5-77 所示，完成此阶段的模具创建操作，最终效果如图 5-54 右图所示。

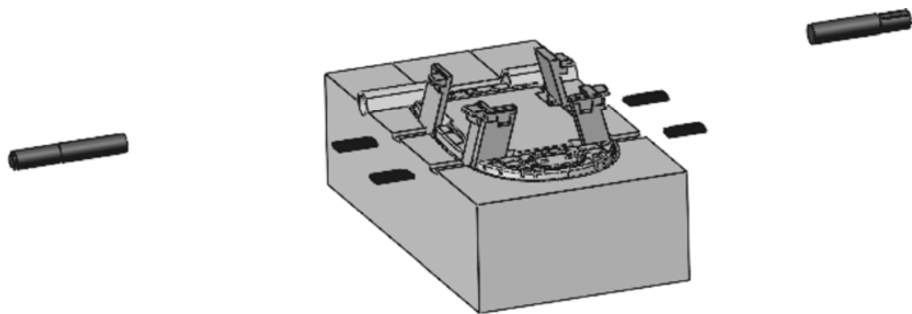


图 5-77　移动实体操作

5.5　本章小结

本章主要介绍了在 SolidWorks 的零件模块中进行分模（即创建型腔和型芯）的操作，也穿插讲述了顶杆、侧型芯等的创建。本章的重点是理解模具的基本构成，以及在分模操作中创建分型线、关闭曲面和分型面等的意义，这样可以举一反三，为以后更加灵活地执行分模操作（包括手动执行分模操作）打下坚实的基础。

5.6　思考与练习

一、填空题

（1）模具有很多类型，如按所成型材料的不同，可分为金属模具和非金属模具。金属模具分为________和________；非金属模具则分为________和无机非金属模具。

（2）塑料件的生产多使用__________，__________通常由注射装置、合模装置、液压传动和电气控制系统等组成。其中合模装置的设计和开发实际上也就是广义上所谓的

__________。

（3）合模装置又由成型零件、导向、脱模、抽芯、调温和排气等系统组成，狭义上的模具设计仅指设计合模装置中用于成型零件的_______和_______的操作。



（4）构成产品空间的零件称为成型零件（即模具整体），成型产品外表面的（模具）零件称为_______。

（5）在进行注射成型的过程中，模具的型芯和型腔通常总有一个固定不动，而另一个则进行周期性的反复运动，以不断地加注原料、成型冷却并脱模出零件，其中固定不动的一侧通常也被称为________，而动的一侧则被称为________。

（6）________分析用于识别并显示可能会阻止零件从模具弹出的围困区域。

（7）在分模过程中，“分割线”主要用于分割____________以利于在需要分模的位置创建分型线。

（8）_________的主要作用实际上就是用来创建分型面，它是产品模型的最大轮廓线。

（9）_________用于确定型腔和型芯的位置，即通过_________来分离型腔和型芯，它是以分型线向四周按一定的方式进行扫描、延伸或扩展而形成的一组连续的封闭曲面。

（10）“型芯”特征主要用于创建模具的_________。

二、问答题

（1）所谓的模具设计与制造，是否仅指注射模具的设计？如果不是，试列举其他几种模具；如果是，则请阐述其理由。

（2）可否不创建分型线而直接手工创建分型面？此时应注意哪些问题？

（3）什么是“连锁曲面”？试简述其定义。

三、操作题

（1）打开本书提供的素材文件“练习 1（素材）.sldprt”，如图 5-78 左图所示，使用本章所学的知识为其创建型腔和型芯，效果如图 5-78 右图所示。

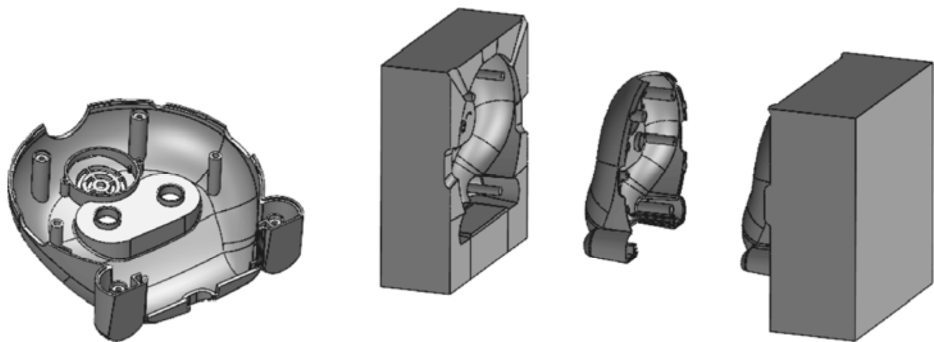


图 5-78 素材文件和为其创建的型腔与型芯



本实例操作关键应注意分型面的创建。此实例分型面最好通过手工创建，而且在手工创建分型面时，应注意在创建“分型线”或“关闭曲面”后，模型轮廓面的位置，否则无法分模。

（2）打开本书提供的素材文件“练习 2（素材）.sldprt”，如图 5-79 左图所示，使用本章所学的知识，以“连锁曲面”方式进行分模型操作，效果如图 5-79 右图所示。

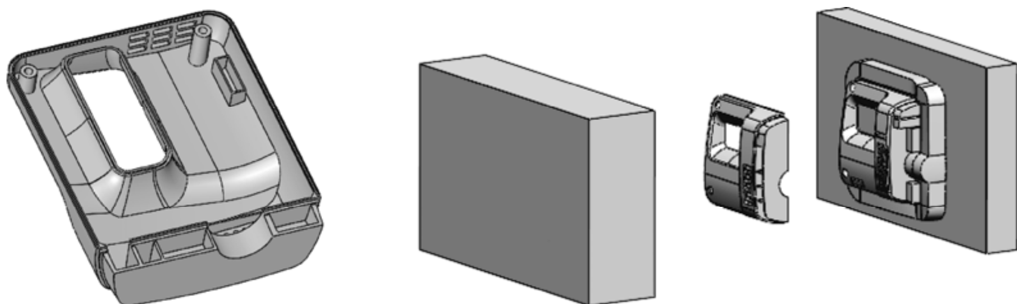


图 5-79　素材文件和其分模效果



提示

如无法生成连锁曲面，应注意对分型面延展长度或延展方式的调整，当然也可手工创建更多的分型面，以令连锁曲面的生成更加顺畅。

（3）打开本书提供的素材文件“练习 3（素材）.sldprt”，如图 5-80 左图所示，使用本章所学的知识进行分模型操作，并创建其侧型芯，效果如图 5-80 右图所示。

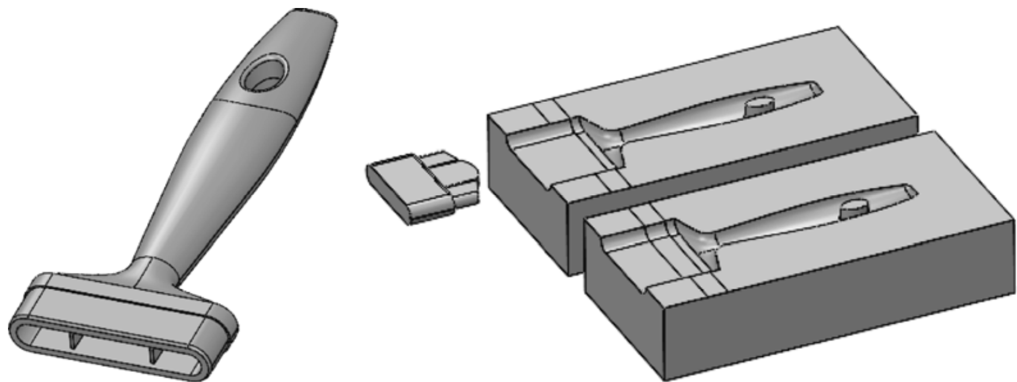


图 5-80　素材文件和其分模效果



提示

本练习使用“型芯”特征无法创建正确的侧型芯，具体创建方法用户可参考本文最后一个实例“创建手机壳注射模具”中的操作。



第 6 章　管道与电气设计

本章要点

- 管道设计基础
- 布线操作
- 线夹和导线
- 创建符合规定的线路零部件
- 管道和软管

学习目标

在现在的很多机械中，为了操作的方便性，或者性能的稳定性，都会使用电路进行控制，所以出现了“机电一体化”的概念。由此，用户在设计模型时，不可避免地会涉及“布线”问题。由于机器中线路众多，如果继续单根绘制会很繁琐，不如使用系统提供的 Routing 插件。

Routing 插件不只可以设计线路，还可以设计管道，本章讲述其操作。

6.1　管道设计基础

在正式设计管路之前，不妨先打开一个“管路”零件，来认识一下管路的设计环境和基本结构，查看与之前所设计的零件有何不同。并查看管路设计的主要工具栏等。有了这些基础，再学习管路的创建，会事半功倍。

6.1.1 “管路”是一个“装配体”

打开本文提供的素材文件“电脑和 USB 线.SLDASM”，查看左侧模型树，不难发现，管路就是一个装配体（如图 6-1 所示，素材提供的是一条 USB 延长线）。只是与普通装配文件有所不同：首先装配图标比普通装配文件多了一个管路标志；然后在管路装配文件中，还多了“零部件”和“线路零件”两个模型文件夹，以及一个“路线”项。

其中“零部件”文件夹用于归类创建的管路接头，而“线路零件”文件夹用于归类管路实体；管路装配体中的“路线”项，实际上就是一个三维草图，它的作用是管路中的路径，以告诉管路沿此路径布线或布管（可见，管路更像是先绘制草绘路径，然后扫描，再绘制组合接头的操作）。

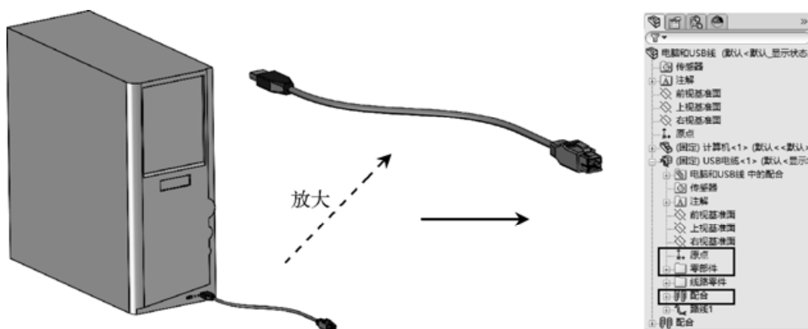


图 6-1　打开素材文件效果和左侧模型树



> 也许有的读者会问：管道作为一种装配体，它与普通建模区别大吗？实际上，确实可以使用扫描等功能来完成电气设备中的布线操作，只是如此建模会令后续工作很繁琐，也不利于后期电气图样的绘制，所以 SolidWorks 提供了一个新的模块，Routing 模块，来对线路和管道等进行设计，以节省绘图时间。

对于装配环境下的管道操作，通常不用导入零件，或只需倒入基础零件（或直接打开某产品的装配文件），然后使用 Routing 工具进行布线即可（详见 6.2 节）。即管路装配体不是装配出来的，虽然装配工具也可以适当使用。

6.1.2 Routing 模块的主要工具栏

SolidWorks 中设计各种管路，如电力线路、汽车内的各种软管、化工管道等，需要用到 Routing 模块（即管路模块）。Routing 模块在 SolidWorks 中以插件的形式被集成在软件中，使用时，首先需要在装配环境下将其调出，此时选择“选项”>“插件”菜单，打开“插件”对话框，再选中“Solidworks Routing”项即可，如图 6-2 所示。

启用 Routing 插件后，在装配体环境下，会显示多个 Routing 设计工具栏，如图 6-3 所示。

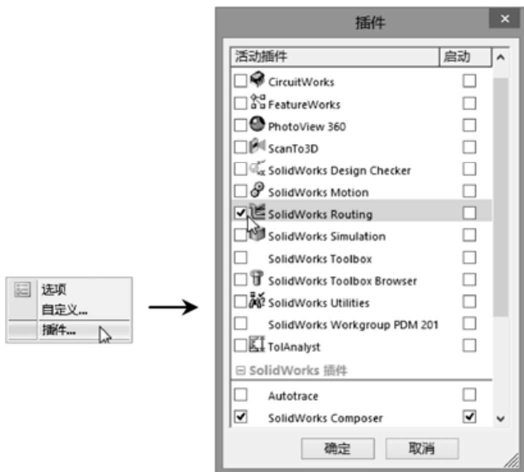


图 6-2　打开“Routing 插件”操作

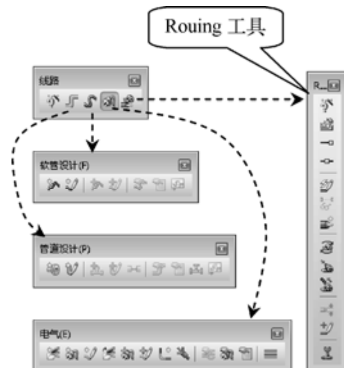


图 6-3　几个管路设计设计工具栏

Routing 模块共包括“线路”“软管设计”“管道设计”“电气”和“Routing 工具”5 个工具栏。其中“线路”工具栏中的按钮用于打开其余工具栏，以分别进行“软管”“管道”和“电气”设计；而“Routing 工具”在设计“软管”“管道”和“电气”时都会用到（电气就是电气设备中的电路，管道是化工管道，而软管是机械设备中的软管道）。



6.2 布线操作

布线操作其实很简单，通常只需两步，即先插入接头，然后进行自动布线即可，这里以“电气”布线为例，讲述其布置方法（6.2.1～6.2.3 节为顺序操作）。

6.2.1 插入接头

布路操作通常从插入接头开始。打开装配文件后（本文可打开光盘提供的素材文件“机箱、主板和风扇.SLDASM”，如图 6-4 左上图所示），单击“电气”工具栏中的“通过拖/放来开始”按钮，然后在右侧自动打开的“设计库”中找到要放置的零件（或接头），将其拖动到要布置的位置（如此处的散热片上，在散热片附近，接头会自动捕捉到合适的位置），即可插入接头，如图 6-4 右下图所示，并进入布线环境。

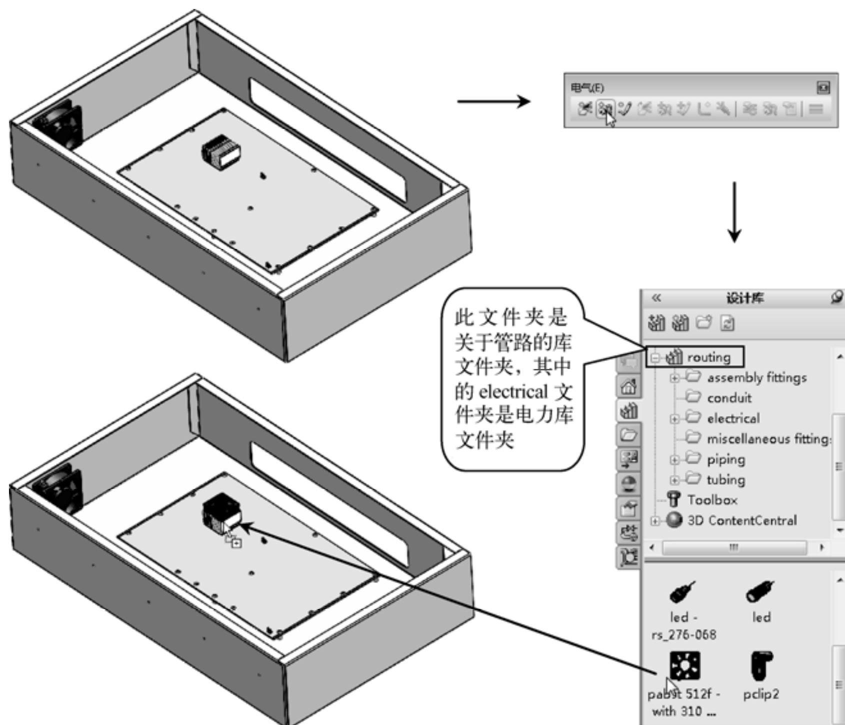


图 6-4 插入接头操作

插入接头，实际上是进入布线环境的一种方式（即通过单击“通过拖/放来开始”按钮开始步路），进入了布线环境的同时，插入了接头。除此之外，也可以单击“电气”工具栏中的“按‘从/到’开始”按钮，以“从/到”清单方式进行步路（此方式不常用，需要提前创建

Excel 格式的“步路清单”）；或不用接头，直接单击“起始于点”按钮，通过选择一个面和点的方式，开始步路（此时所得的线路无接头）。



为什么零部件会自动附着在模型的特定位置上？对于第一次布线，有很多读者也许不理解为什么拖动的库中接头（或零件）会自动捕捉到合适的位置。实际上，这主要是因为在库文件中提前添加了“配合参考”的结果，在后面 6.4 节中，将讲述自定义此类零件，并添加“配合参考“的方法。

实际上，如果在库中未找到需要使用的接头零件，用户也可以自定义该零件。

6.2.2 设置线路属性

通过拖动接头进入管路布置环境后，并未完成布线操作，系统会自动打开“线路属性”属性管理器，如图 6-5 所示（完成布线后，可单击“电气”工具栏中的“线路属性”按钮，重新打开此管理器），通过此管理器，可命名此管路装配体的名称，并可选择线路子类型；此外“外径”用于设置电缆中线芯的粗细，覆盖层用于设置电缆覆盖层的厚度，参数和选项通常无法更改。



图 6-5 “线路属性”属性管理器



“线路子类型”中的“缆束”和“电缆/电线”项，在电气中区别不大，只在使用步路引导线时有用；“外径”项，在不勾选“固定直径”复选框时，也无太大意义，因为后期操作时，电缆会根据配线的多少而自动调整电缆的外径。

此时，保持系统默认设置，直接单击“确定”按钮，进入后续的自动布线操作即可。

6.2.3 自动布线

完成上述操作后（插入接头并确认线路属性），可继续进行自动布线操作；此时，系统自动打开“自动布路”对话框，如图 6-6 左上图所示；先不进行布路，而再从右侧的“设计库”中拖动另外一个接头文件“connector (3pin) female”到主板的插座上，以保证有两个接头连接点。

然后再在“自动布路”对话框中选中“选择”卷展栏中的列表区，再在操作区选中两个接头的两个连接点，系统即可自动布路电力线路，然后不断单击“确定”按钮，即可完成步路操作，如图 6-6 所示。

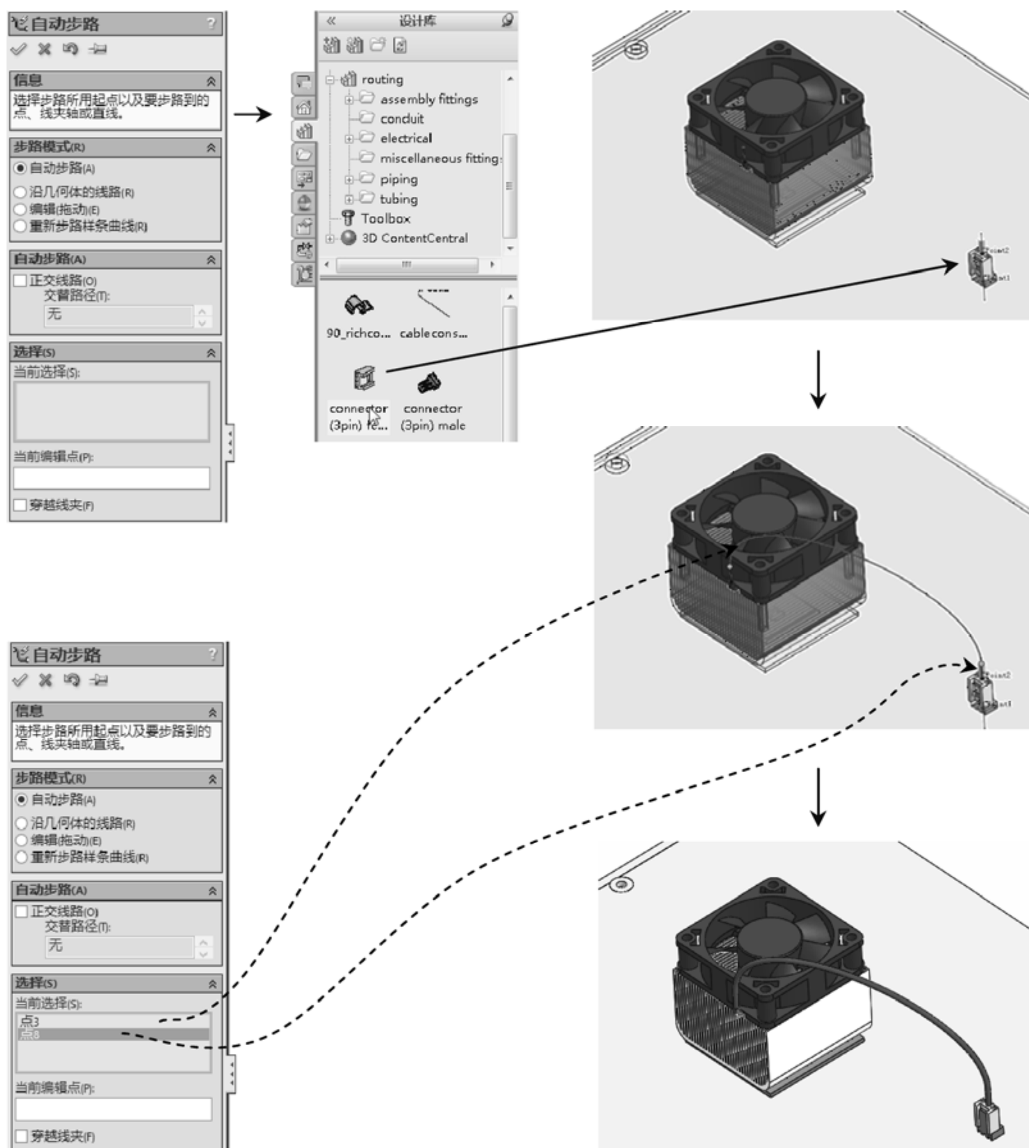


图 6-6 插入其余接头并进行自动布线操作

下面讲解“自动布路”属性管理器中各选项的意义：

➢ “自动布路”：选中此按钮后，可通过选择两个库文件的线路“连接点”来“自动布路”。
➢ “沿几何体的线路”：是指通过绘制三维图线，作为布路路径来布路。所绘制的图线应为直线或样条曲线，绘制的线与任何一个接头的线路“连接点”相连，即可达到自动布路的目的。
➢ “编辑（拖动）”：选中此单选按钮，可对生成的布路曲线，进行编辑。
➢ “重新步路样条曲线”：选中此单选按钮，可令路径经过线夹（关于“线夹”，可见 6.3.1 节）。
➢ “正交线路”复选框：勾选后可以正交模式布线。



Routing 文件夹是系统提供的标准线路库文件，共有 6 个文件夹，其中“assembly fittings”“miscellaneous fittings”和“piping”文件夹中的文件用于布置管道；“conduit”用于布置电力套管；“electrical”用于布置电线电缆；“tubing”用于布置软管。

6.2.4 布线环境下的 4 个状态

布线环境下会涉及多个状态，用户初次操作时，很容易被这几种状态“搞混”，这里统一做一下解释。通常在布线环境下，存在 4 种状态，分别为“自动布线”状态、“线路编辑”状态、“布线装配体编辑”状态和“装配”状态，它们的区别如下。

➢ “自动布线”状态处于最里层，此时右上角的图标为此样式——，此模式下可以进行模型的自动布线操作。
➢ “线路编辑”状态是“自动布线”状态退出后的状态，此时的图标样式为——，此状态下可以通过绘制直线和样条曲线等三维曲线，来手工定义线路的走向，从而完成布线操作。
➢ “布线装配体编辑”状态为“线路编辑”状态退出后的状态，此时的图标样式为——，也即处于线路装配体编辑状态，此状态下，可对线路装配体中的各个零件文件进行单独调整，也可删除不需要使用的零件文件，或通过添加/删除“配合”重新定义某个接头的位置等。
➢ “装配”状态是“布线装配体编辑”状态退出后的状态，也即普通的装配模式，此时可执行此层下的各种装配操作。

在“装配”状态下，右击线路，选择“编辑线路”菜单项，如图 6-7 所示，可直接进入“线路编辑”状态。此外，单击工具栏中某些按钮，也可进入需要的线路状态。

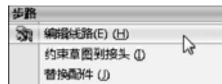


图 6-7 “编辑线路”操作

6.3 线夹和导线

自动布置的线路可能会很乱，或者很容易与原模型产生重叠干涉，为此可用线夹来规范

线路的走向；此外，也可设置电缆中有几根导线，以及每根导线的颜色、粗细和连接状态等，下面讲解相关操作。

6.3.1 使用“线夹”规范线路

自动布线后的线路，其路径通常较随意，可能并不能满足我们的设计要求，此时同现实中的步路，不妨使用线夹来规范线路。

可首先打开素材文件“机箱、主板和风扇.SLDASM”，同上一节的操作，进行了布线操作后，在“装配环境”下，直接拖动右侧设计库中“electrical”文件夹中的“90_richco_hurc-4-01-clip”文件到箱体侧壁的孔上，并使用默认的配置，再连续拖动多个线夹到侧壁的位置处，可完成线夹的布置，如图 6-8 所示。

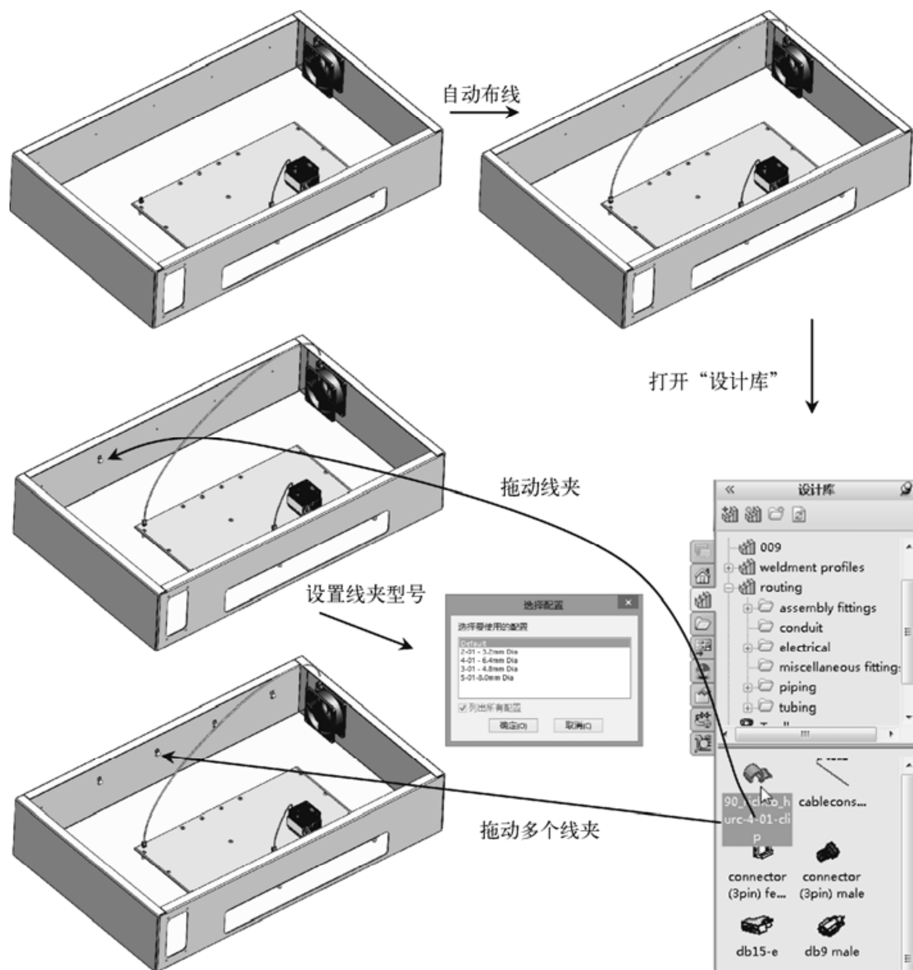


图 6-8 添加线夹操作

在布置线夹的过程中，在放置第一个线夹时，系统会弹出“线夹配置”对话框，此对话框中列出了几种线夹规格，可供用户根据需要选择使用，其中 2.01～3.2mm 是指此线夹适合通过的电线直径为 2.1mm 到 3.2mm，默认线夹使用的直径为 6.4mm。



> 布置线夹时，按〈Tab〉键可调整线夹的方向。此外，布置线夹的操作是从装配状态开始的，即完成布线后，完全退出布线模式后的普通装配状态。

布置好线夹后，可以令自动布置的线路通过线夹。

操作时，首先单击“Routing 工具”工具栏“令线路通过线夹”按钮，然后选择要进行调整的布线线路，进入布线编辑模式，然后选中布线通过的样条曲线，再选中要令线路通过的线夹轴，并连续选择多个线夹轴，即可令线路通过线夹，如图 6-9 所示。

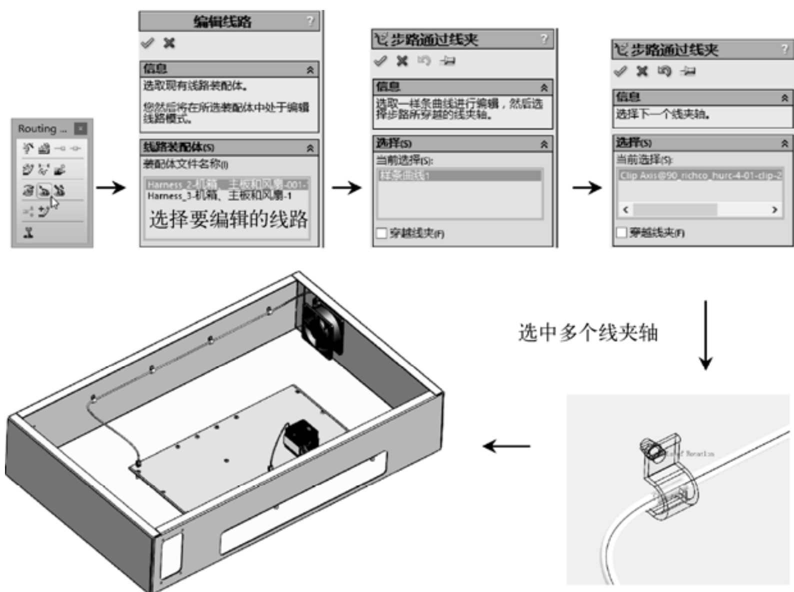


图 6-9　令线路通过线夹操作

完成线夹的布置后，如希望令线路不再受某个线夹的束缚，可单击“Routing 工具”工具栏中的“从线夹脱钩”按钮，再选中某个线夹的线夹轴，即可令线路从线夹脱钩。



> 脱钩完成后，似乎线路并未离开线夹位置，这是因为在令线路通过线夹时，系统自动对代表线路的样条曲线进行了切割，而在令线路从线夹脱钩时，系统未反向执行连接操作。所以，此时路线的位置保持不变，可拖离线夹，但是线路已经是多条样条曲线了。

此外，单击“Routing 工具”工具栏中的“旋转线夹”按钮，可在编辑线路时调整线夹的方向。

6.3.2 分割线路

单击“Routing 工具”工具栏中的“分割线路”按钮，可从装配状态直接进入线路编辑

状态，此时在线路上任意位置处单击，都可从单击位置处将线路分割（按〈Esc〉键退出分割线路状态），如图 6-10 所示。线路分割后，可自分割点处连入新的线路。

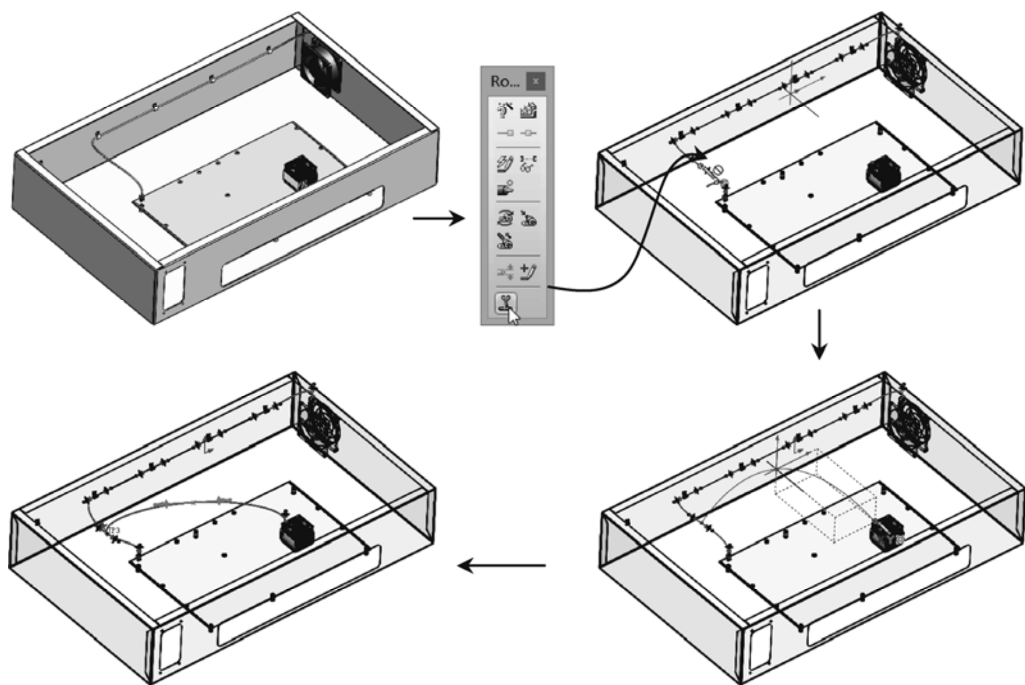


图 6-10　分割线路并插入新导线操作



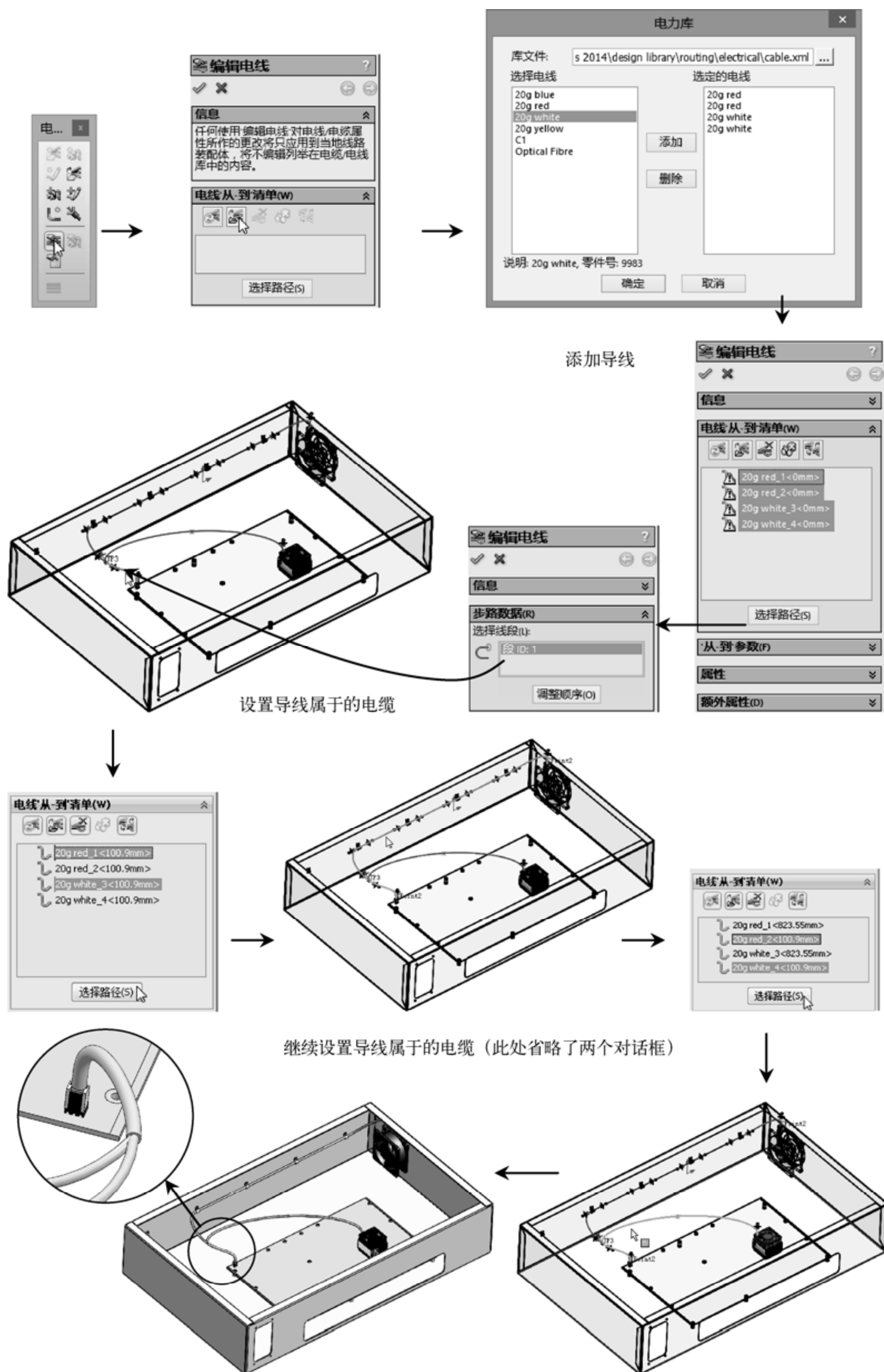
此处操作是接着上面 6.3.1 节的操作后继续执行的分割线路的操作，而且在分割线路后，通过绘制样条曲线（选中切割点和另外一个连接点）执行了插入新导线的操作。

6.3.3 定义线路中的导线数

在“线路编辑”状态下，单击“电气”工具栏中的“编辑电线”按钮可打开“编辑电线”属性管理器；在此管理器中，单击“添加”按钮打开“电力库”对话框，在此对话框中，通过单击“添加”按钮可添加线路型号；完成后，选中添加的线路型号，再单击“编辑电路”属性管理器中的“选择路径”按钮，然后选中某个线路可令选中的线路，包含选中的线路型号，如图 6-11 所示（执行多次操作可为每条线段设置不同的导线）。



“编辑电线”属性管理器共提供了 5 个按钮，用于为电缆添加导线，分别为“刷新”、“添加”、“删除”、“什么错”和“替换”。其中，“刷新”按钮用于查错，而“什么错”按钮用于提示出现了什么错误（添加的导线，一定要有附着的线路，否则会出现错误）；“添加”按钮用于添加导线，“替换”按钮用于替换导线，“删除”按钮用于删除导线。



电力库
库文件:
s 2014\design library\routing\electrical\cable.xml
选择电线
选定的电线
20g blue
20g red
20g white
20g yellow
C1
Optical Fibre
添加
删除
说明: 20g white, 零件号: 9983
确定
取消
编辑电线
信息
任何使用'编辑电线'对电线/电缆属性所作的更改将只应用到当地线路装配体，将不编辑列举在电缆/电线库中的内容。
电线从-到清单(W)
选择路径(S)
添加导线
20g red_1<0mm>
20g red_2<0mm>
20g white_3<0mm>
20g white_4<0mm>
从-到参数(F)
属性
额外属性(D)
步路数据(R)
选择线段(L):
段 ID: 1
调整顺序(O)
设置导线属于的电缆
电线从-到清单(W)
20g red_1<100.9mm>
20g red_2<100.9mm>
20g white_3<100.9mm>
20g white_4<100.9mm>
20g red_1<823.55mm>
20g red_2<100.9mm>
20g white_3<823.55mm>
20g white_4<100.9mm>
继续设置导线属于的电缆（此处省略了两个对话框）

图 6-11　设置导线操作





此外，这里说明一下，系统只提供了4种颜色的导线（见上页“电力库”对话框），以及缆束C1和一条光纤。且线路的规格（如粗细）不可更改，所以如需要使用其他规格的电缆进行布线，需要自定义相应配置的电缆库文件（Excel格式或xml格式），定义方法可参考其原来的定义文件。

6.4 创建符合规定的线路零部件

系统提供了创建零部件的向导，单击“Routing 工具”工具栏中的“Routing 零部件向导”按钮，可打开此向导，然后可按照向导提示创建零部件。但是，此方式较繁琐，选项众多，不适合初学者，所以这里介绍另外一种创建线路零部件的方式。

实际上，线路零部件就是具有线路起点（被称作“连接点”），并添加了适当的“配合参考”的零件文件，无需使用向导也可轻松创建。这里就来看一下上面用过的接头文件——“connector (3pin) female”的创建方法。

首先打开素材文件“创建线路零部件-接头（素材）.SLDPRT”（或自行绘制此零件文件），然后单击“Routing 工具”工具栏中的“生成连接点”按钮，然后通过一个面和面上点，定义好连接点的位置，如图6-12所示。

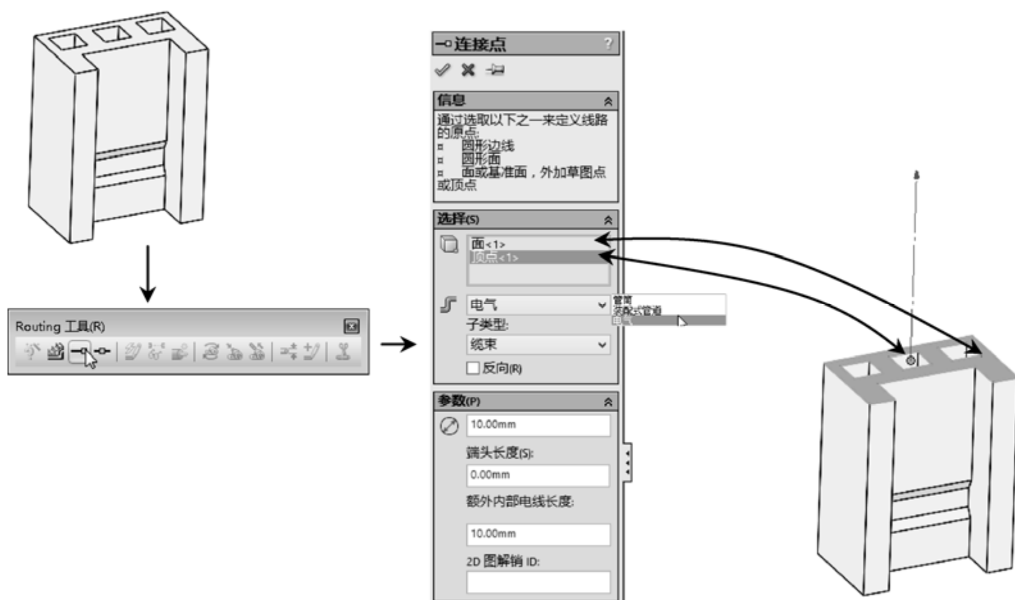


图6-12 创建零件并添加“连接点”操作

再单击“参考几何体”工具栏中的“配合参考”按钮，选择3个面，添加配合参考特征，如图6-13所示；保存文件，再将其移动到electrical文件夹中，即可作为线路零部件使用了。

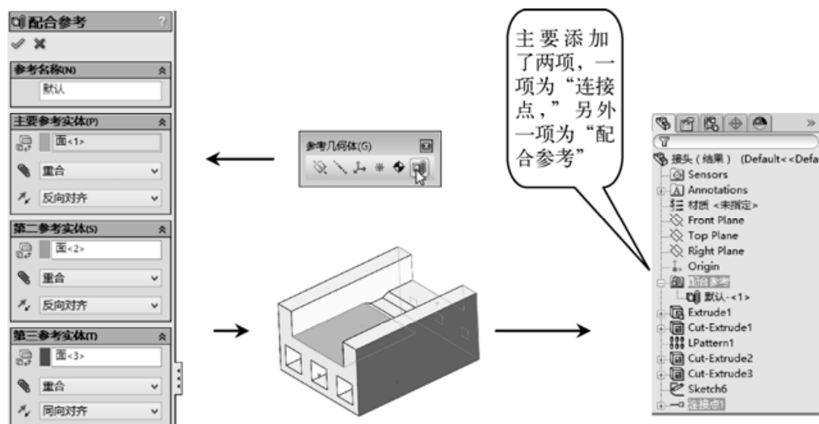


图 6-13　添加“配合参考”操作



在“配合参考”中，被配合的零件需不需要添加“配合参考”？实际上，“配合参考”是单向的，被配合的零件，或者说所添加零件的附着位置，无需添加对应的配合。在添加具有“配合参考”的零件时，系统会自动布置合适的位置以符合全部或部分配合，它只与面、线等有关，而与被配合对象是否有“配合参考”无关。

在创建线路零部件，添加“连接点”时，系统会打开“连接点”属性管理器，在此管理器的“选择”卷展栏中，可设置线路的类型，如此端件是“电气”还是“管道”等。所以说“连接点”的创建，也即意味着已经确定了线路的类型。实际上，单击“电气”工具栏中的“起始于点”按钮，创建线路时也可以进行此项选择。

此外，这里再解释一下“Routing 工具”工具栏中其余按钮的作用（“线夹”和“分割线路”按钮，前面已做了详尽额讲解，此处不再赘述）。

- “快速提示”按钮和“零部件向导”按钮：“快速提示”按钮用于打开在布路时的自动帮助；“零部件向导”按钮用于创建零部件，其功能繁琐，本文后面创建零部件操作，未使用此功能。
- “生成连接点”和“生成线路点”按钮：用于在线路装配环境下创建新的连接点。“生成连接点”按钮前面已用过；这里说明一下“生成线路点”按钮，此按钮实际上在电气设备中很少被使用（很少创建线路点，因为大多数线路都是有两个接头的，中间件很少），即使在“线夹”零部件中，“线路点”实际上也是可有可无（“线夹”零部件创建的关键点是需要创建线路经过的中心轴）；而其主要用于在“管道”等线路中创建四通、三通或直通的中心点，以在线路上添加此类零部件时，令系统可以自动捕捉到此点。
- “自动布路”按钮和“显示引导线”按钮：前一个按钮可直接进入自动布路模式；后一个按钮用于在“从/到”模式配线时，显示配线的引导线（初学者可不必涉及此功能）。
- “覆盖层”按钮：用于为线路添加覆盖层。
- “更改线路直径”按钮和“修复线路”按钮：“更改线路直径”按钮常用于管道模式，主要用于更改管路的直径；“修复线路“按钮用于修复步路弯折处的错误。

实例精讲——“配电柜”布线操作



配电柜中通常有很多导线，用于连接不同的插头，本实例讲解在配电柜中，使用 SolidWorks 的 Routing 模块进行线路配置的操作，具体操作如下。

【制作分析】

本实例所使用的装配模型和布线后的模型，以及两条布线放大后的效果，如图 6-14 所示。本实例第一条电路布线，通过直接创建连接点的方式进行布线，而第二条线路则使用“直接放置”零件的方式进行创建，下面看一下操作。

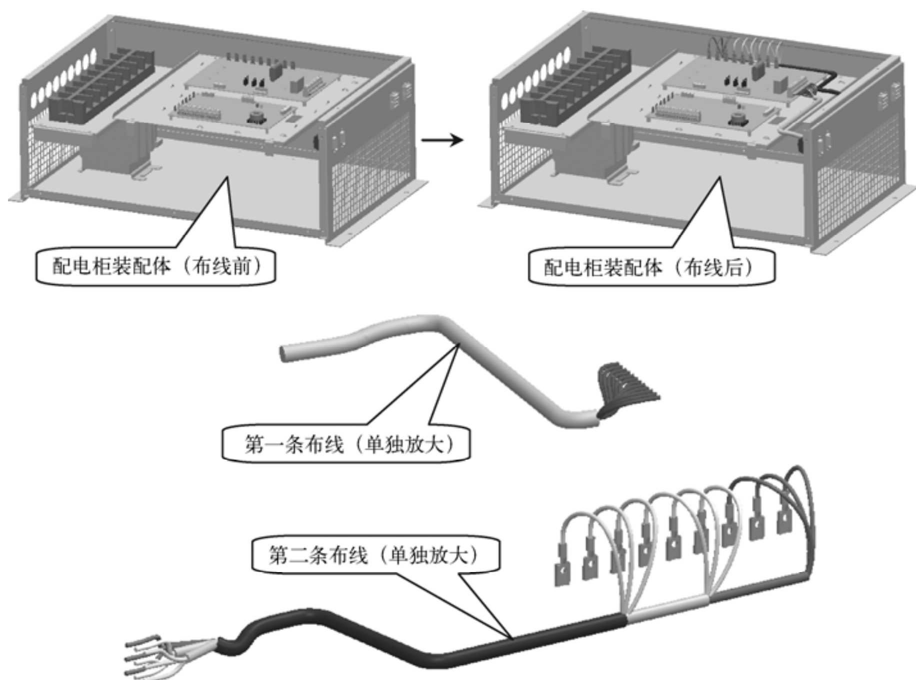


图 6-14 “配电柜”布线操作过程

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“配电柜.SLDASM”，首先查看模型，找到要使用导线连接的两个接头，如图 6-15 所示。

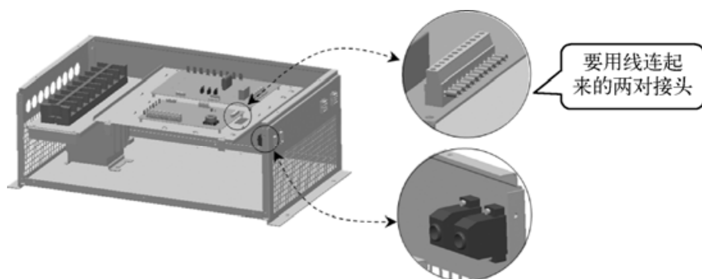


图 6-15 打开素材文件并找到要连接的接头

STEP 2 创建距离上面铁板为 4 的基准面，如图 6–16 所示（此基准面是为后续通过绘制 3D 草图创建导线路径做准备）。

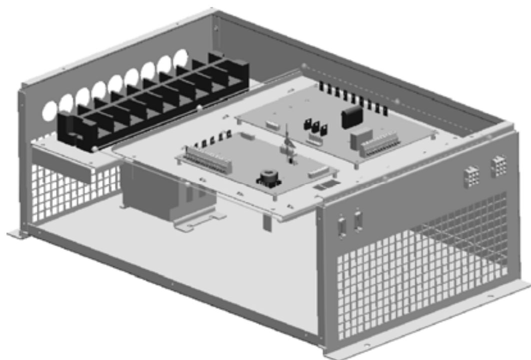


图 6–16　创建“基准面”操作

STEP 3 单击“电气”工具栏中的“起始于点”按钮，打开“连接点”属性管理器，如图 6–17 左图所示，然后单击模型接口处的一个圆边线，确定第一个连接点的位置，其余选项保持系统默认设置，单击“确定”按钮继续。

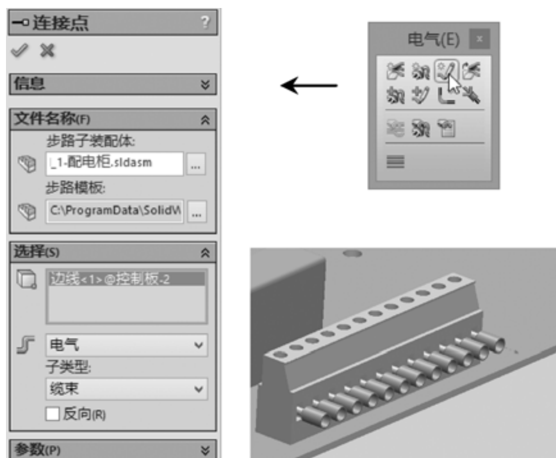


图 6–17　创建“连接点”操作

STEP 4 系统打开“线路属性”属性管理器，如图 6–18 左图所示，设置线路外径为 1，单击“确定”按钮，打开“自动步路”属性管理器，如图 6–18 中图所示，单击“取消”按钮，进入布线环境的“线路编辑”状态，然后连续单击“电气”工具栏中的“添加点”按钮，同样通过单击接口处的一个圆边线，创建多个连接点，如图 6–18 右图所示。


提示

如连接点处的连线长度太长，在线路的“布线装配体编辑”状态下，可通过拖动端点的方式对“连接点”处的连线长度进行适当调整。

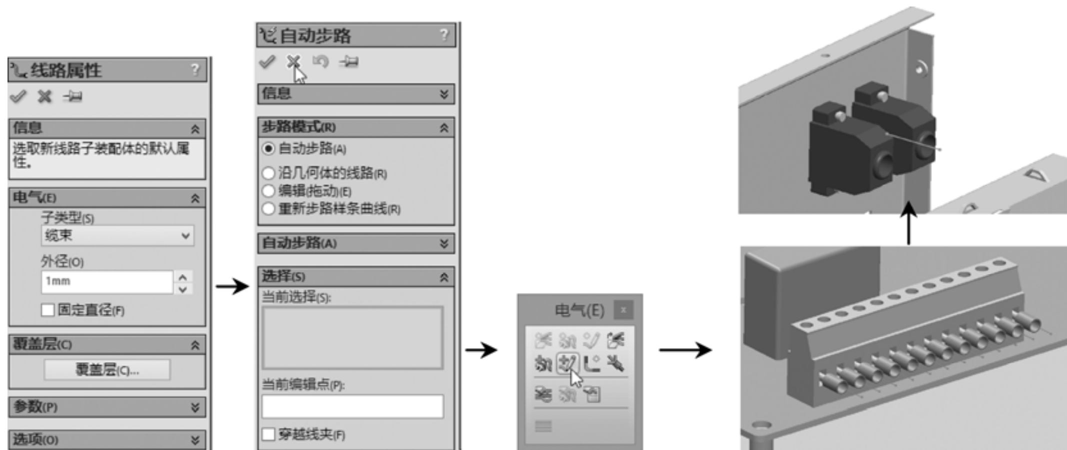


图 6-18　添加多个连接点操作

STEP 5 在“线路编辑”状态下，选中 STEP 2 创建的基准面，然后单击“草图”工具栏中的“基准面上的 3D 草图”按钮，将 3D 草图限制在此基准面上，使用直线和圆弧等绘制草图作为电缆的干线，如图 6-19 所示。

STEP 6 完成 STEP 5 的操作后，单击“草图”工具栏中的“3D 草图”按钮，进入普通 3D 图线绘制状态，然后通过绘制样条曲线，连接 STEP 5 绘制的干线，和 STEP 3、STEP 4 绘制的连接点，基本上完成第一条电缆的布线操作，如图 6-20 所示。



图 6-19　绘制 3D 草图效果

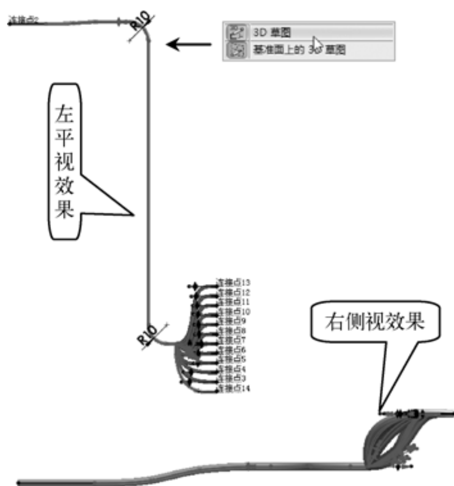


图 6-20　创建样条曲线效果

STEP 7 在“线路编辑”状态下，单击“电气”工具栏中的“编辑电线”按钮，打开“编辑电线”属性管理器，然后为每根导线设置通过的电线根数，如图 6-21 所示（电缆的出发点处，每条导线只有一根电线，且都为蓝色导线，主干线处一直到另一个接头的连接点处的电线根数为 12 条，与实际情况相符合），完成布线操作，连续单击“确定”按钮退出布线

模式即可（粗电缆的颜色，可在装配模式下进行单独设置）。

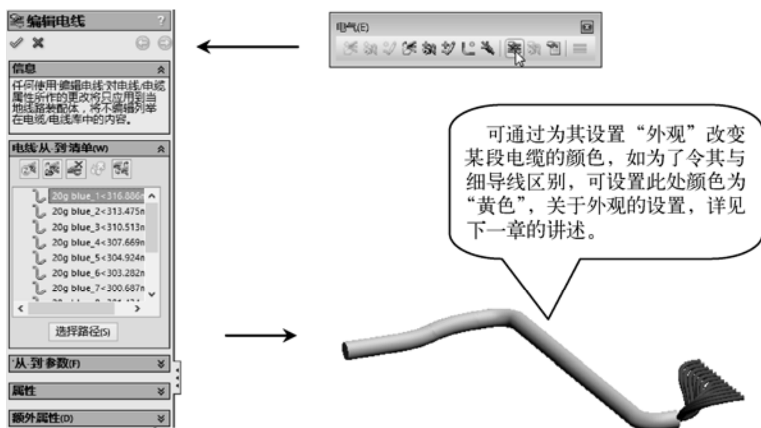


图 6-21　设置导线效果

STEP 8 通过相同操作，可创建第二条电缆，如图 6-22 所示（第二条线路与第一条线路的创建略有不同，它是从“直接放置”零件开始创建的，创建时，可使用系统提供的素材文件——“自定义.sldprt”，将其放置到“Routing”文件夹下，然后直接拖放开始布置操作即可，其余步骤基本一致）。



> 此外，第二条线路同样需要创建基准面，并首先绘制“基准面上的 3D 草图”，作为粗电缆部分；另外，由于线路被分为了三部分，所以需要使用分割线路功能将主干线断开。

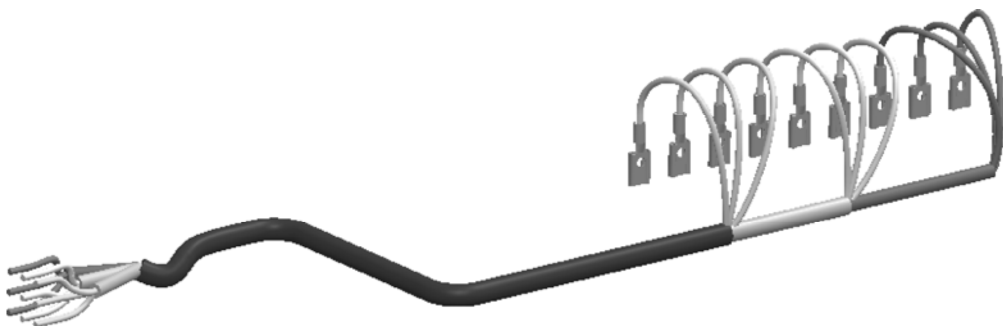


图 6-22　第二条布线的操作效果



> 在完成布线操作后，“电气”工具栏的最后位置处将出现一个“平展线路”按钮，单击此按钮可将线路展平，并自动计算出线路的长度，以及自动创建出电力材料明细表和工程图明细等，从而创建电气工程图，有兴趣的读者不妨自行尝试一下。

6.5 管道和软管

与电气线路相同，首先拖动管道接头，然后进行“自动布路”，选择接头的两个“连接点”，即可完成管道或软管的步路操作，下面看一个操作。

STEP 1 打开本文提供的素材文件“液压站.SLDASM”，如图 6-23 左上图所示，拖动“自定义螺纹接头”到模型的接口位置处，如图 6-23 其余图形所示（需首先将本文提供的素材文件“自定义螺纹接头.SLDPRT”，复制到“C:\ProgramData\SolidWorks\SolidWorks 2014\Design Library\routing\piping\threaded fittings (npt)”文件夹中）。

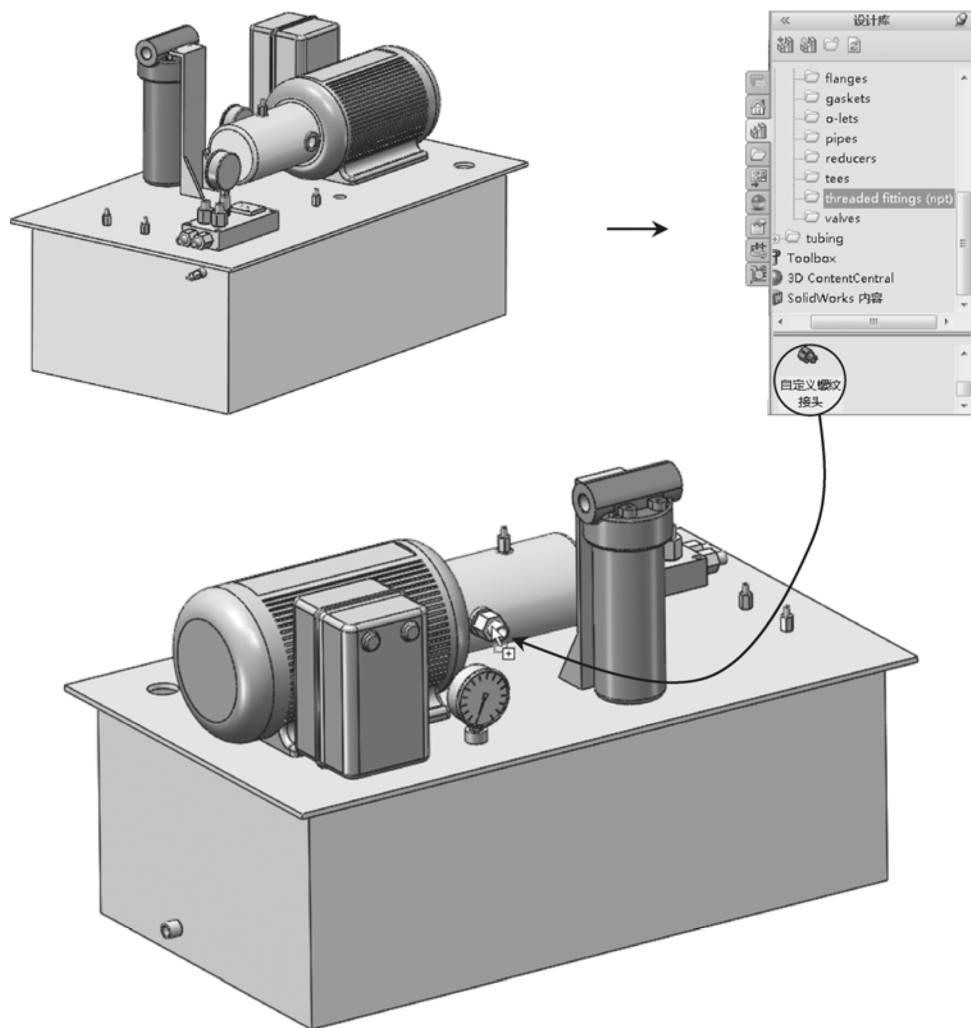


图 6-23 打开素材文件并拖动接头操作

STEP 2 系统自动打开“线路属性”属性管理器，如图 6-24 所示，保持默认设置，单击“确定”按钮继续操作，系统进入“线路编辑”状态，此时再次拖动“自定义螺纹接头”到模型的另外一个接头处即可，如图 6-25 所示。



图 6-24 “线路属性”属性管理器

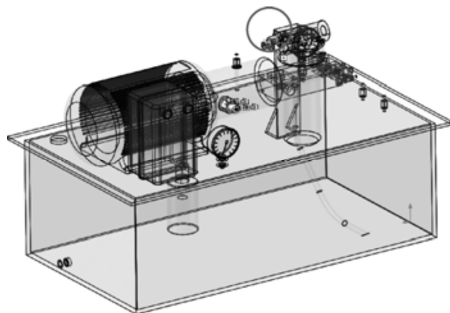
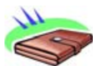


图 6-25 拖动另一个接头操作

STEP 3 完成上述操作后，单击“Routing 工具”工具栏中的“自动布路”按钮，打开“自动布路”属性管理器，如图 6-26 左图所示，选中添加的两个接头的两个连接点，系统将自动生成管路，如图 6-26 右图所示。



提示

为什么在管道系统中，不会自动打开“自动布线”属性管理器呢？这主要是因为工厂中的管道在实际布路时，很大程度上会受到建筑物等的影响，所以管道在布置时，多通过手工画线的方式来完成，而不是通过自动布路来完成。



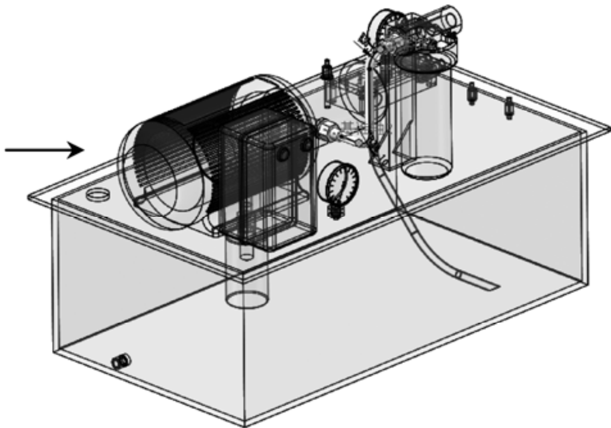
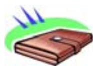


图 6-26 自动布路操作

STEP 4 连续单击“确定”按钮，退出布路状态，完成第一个管路的添加操作，效果如图 6-27 所示。

STEP 5 通过相同操作，可完成其余管路的布路操作，效果如图 6-28 所示。



提示

为什么自动生成的管道显示颜色有蓝有黄？这主要是因为管道系统大多较粗，所以其弯曲的位置大多都是固定成型的弯管，在实际工作中，是需要单独焊接的，所以自动布路时，系统会自动选用模型库中的弯管，并以黄色标示出来。

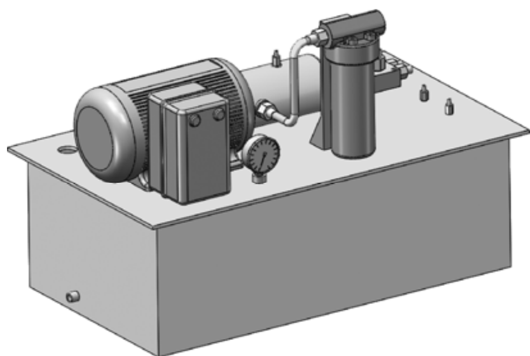


图 6-27　第一条管路的布路效果

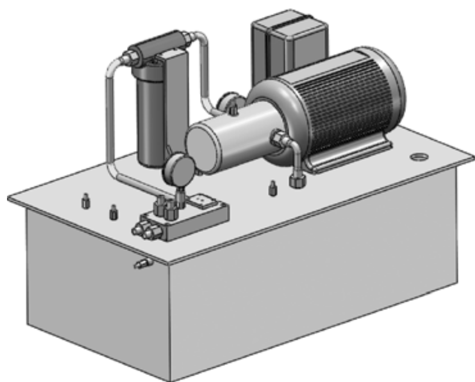


图 6-28　所有管路的布路效果



为什么有一个管道，用户无法完成配置？在本图例中，从油箱到油泵处的管道，由于管路太短，自动布路时的折弯半径无法满足系统要求（即自动生产的弯管放不下），所以在创建此管道时，需要进行自定义设置，然后在布管时使用横竖向的线，以及圆角操作绘制即可（如图 6-29 所示，此时不会使用模型库中的弯管）。



图 6-29　自定义布管操作

实例精讲——工业水循环过滤系统管道操作

工业水循环过滤系统由多个罐体组成，在罐体的中间是需要布置的管道。本实例讲述从装配体创建到管道布置的所有操作过程。

【制作分析】

本实例所创建的罐体装配体和管道步管效果如图 6-30 所示，操作时，罐体使用提供的素材文件并进行阵列，管道通过绘制辅助线，然后布管得到（需添加多个法兰），下面看一下操作。

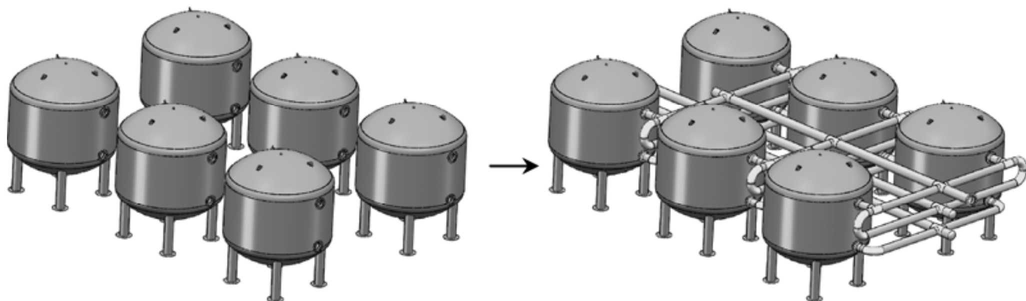


图 6-30　罐体装配体和管道步管效果

【制作步骤】

STEP 1 新建装配文件，并导入本文提供的素材文件“水罐.SLDPRT”，然后对导入的水罐模型执行阵列操作，如图 6-31 所示（“阵列”操作时，阵列距离应为 5000×6200，且应令罐体的两个开口与所有罐体的长度方向一致）。

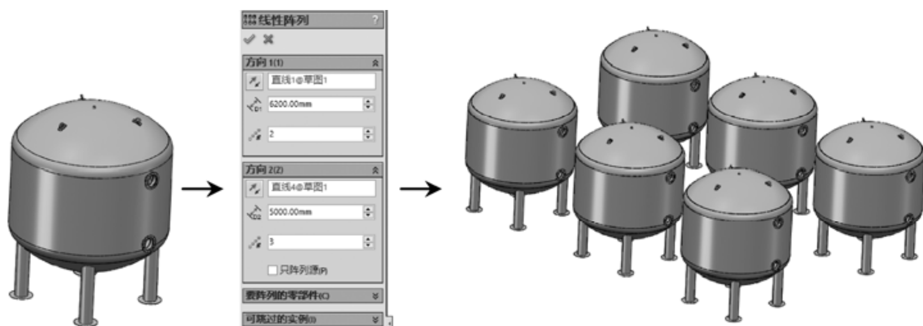


图 6-31　导入罐体并执行阵列操作效果

STEP 2 单击“管道设计”工具栏中的“通过拖/放来开始”按钮打开设计库，并拖放多个“welding neck flange”法兰件到罐体的接口处，如图 6-32 所示。

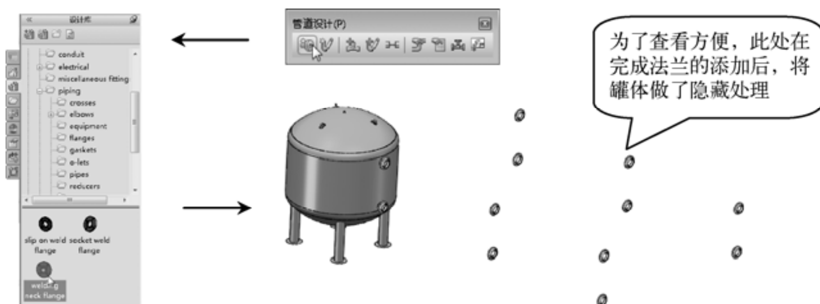


图 6-32　添加多个法兰操作

STEP 3 退出布线模式，创建基准面，在其中绘制多条辅助线，如图 6-33 所示（在草图中，横向的草图距离每排罐子罐口的距离为 750，顶部罐口下的草图线，距离最顶部的草图线的距离为 800，两侧延伸的长度也为 800）。

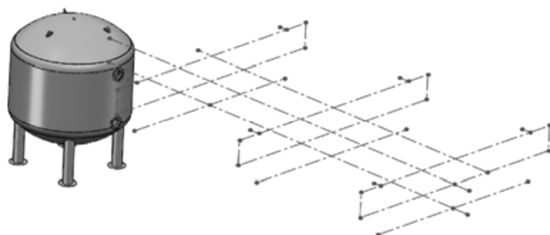


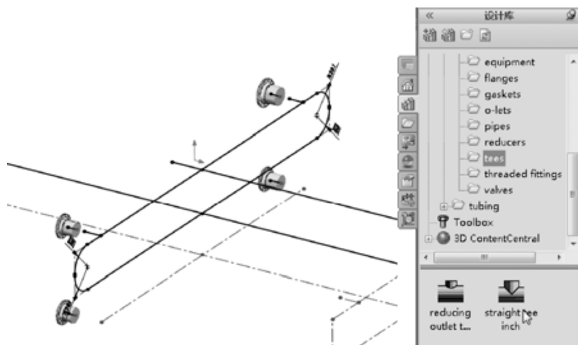
图 6-33　创建的辅助线效果





为什么需要创建草图？因为此处管道较复杂，且缺少参考物，提前创建好草图有利于后期管道的精确布置。

STEP 4 单击“管道设计”工具栏中的“编辑线路”按钮，重新进入线路编辑状态，然后沿 STEP 3 绘制的辅助线首先绘制竖向一圈线和与其相连的线（如图 6-34 所示，圆角会自动生成），然后拖动“设计库”中的“straight tee inch”文件（三通）到所绘线的三通位置处，进行布线，如图 6-35 所示。



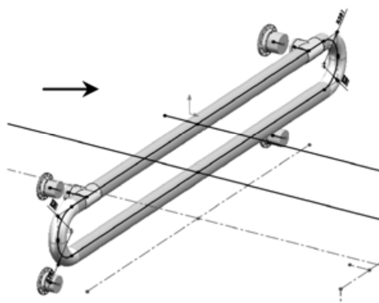


图 6-34　绘制竖向圈线和与其相连线效果　　图 6-35　拖放三通效果



在捕捉草图绘制直线时，应是在“线路编辑”模式下进行的操作（即重新“编辑线路”后的环境），而且应注意，所绘制的“直线”（那个回路）应在中间点处“断开”（即分两段绘制），此操作的目的是利于后期布置三通和四通的布置。

此外，完成三通和四通的布置后，将法兰处的管道点直接拖动到布置好的管道环路点上即可。

STEP 5 通过相同操作，拖放“reducing outlet cross inch”文件（四通）到所绘线的四通位置处，完成第一排管路的布管操作，如图 6-36 所示。

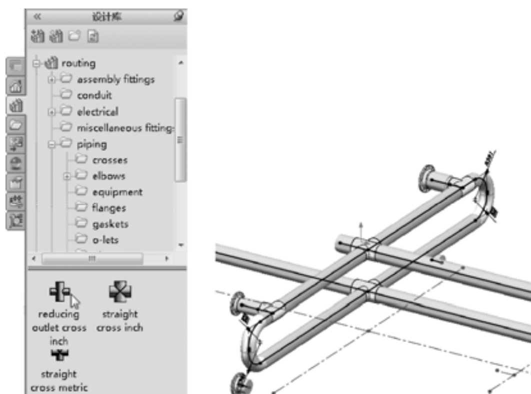


图 6-36　拖放四通效果

STEP 6 通过相同操作，采用先绘制线，再添加三通和四通的方式，可完成其他部分管线的布管操作，如图 6-37 所示。

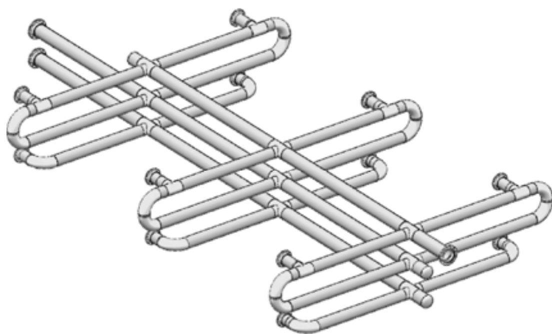


图 6-37　其余管道布线效果

STEP 7 最后导入本文提供的素材文件“尾端.SLDPRT”，并添加必要的法兰件，可完成所有布管操作，最终效果如图 6-30 右图所示。



1）关于“软管”：本章节未单独介绍“软管”功能，实际上软管与管道非常类似，也提供有“法兰”等组件，且所创建的管路除非在属性配置时单独设置使用软管，否则所创建的管路通常也都是正交模式配置的。只不过，“软管”管路不会创建“弯管”件（这点与电力线路类似），因为毕竟“软管”较细，是用于机械内设备内的管路，通常无需焊接。

2）如何更改管道线路的直径：在“线路编辑”模式下右击管路，选择“更改线路直径”按钮，可在打开的属性管理器中对线路的直径进行调整，调整时，注意单击右上角的“下一步”按钮，切换不同的界面，完成对管路直径的配置。

3）管道“贯穿”（连接）：管道“贯穿”用于创建贯穿管道的管路，当在已有的管道的某个非断点位置处绘制线路，并创建了不同直径的管路时（多比原管路小，管路之间有干涉），右击接点，选择“连接”按钮，即可令较细的管道贯穿较粗的管道，并在较粗的管道上创建孔。

6.6 本章小结



本章主要介绍了使用 SolidWorks 提供的“Routing”工具创建管路的操作，管路共包括三部分：电力管线、软管和管道。其操作基本上差别不大，通常是先创建接头，然后进行自动布管，或通过绘制直线、样条曲线等到接头的连接点上，完成布线操作。

Routing 模块的应用，在于提高布线的效率和绘制工程图的方便，特别在线路繁杂时，更容易显示出它的优势，所以应根据需要灵活掌握布线的关键技巧。

6.7 思考与练习

一、填空题

（1）“管路”实际上就是一个__________；只是这个__________有所不同：首先多了一个管路标志；然后还多了__________和__________两个模型文件夹。

（2）管路装配体中的__________项实际上就是一个三维草图，它的作用是管路中的路径，以告诉管路沿此路径布线或布管。

（3）SolidWorks 提供了一个新的模块，__________模块，来对线路和管道等进行设计，以节省绘图时间。

（4）Routing 模块共包括“线路”、__________、__________、__________和“Routing 工具”5 个工具栏。其中__________工具栏中的按钮用于打开其余工具栏。

（5）“Routing 工具”在设计__________、__________和__________时都会用到。

（6）插入接头，实际上是进入布线环境的一种方式（即通过单击“通过拖/放来开始”按钮开始步路），进入了布线环境的同时，插入了接头。除此之外，也可以单击“电气”工具栏中的__________按钮，以“从/到”清单方式进行步路；或不用接头，直接单击__________按钮，通过选择一个面和点的方式，开始步路。

（7）Routing 文件夹是系统提供的标准线路库文件，共有 6 个文件夹，其中“assembly fittings”“miscellaneous fittings”和“piping”文件夹中的文件用于__________。

（8）自动布线后的线路，其路径通常较随意，可能并不能满足用户的设计要求，此时同现实中的步路，不妨使用__________来规范线路。

（9）在“线路编辑”状态下，单击“电气”工具栏中的____________按钮，可在打开的属性管理器中为电缆定义导线数。

（10）创建符合规定的线路零部件，关键是在普通模型文件上，定义了____________和____________。

二、问答题

（1）通过本章学习，读者知道管路实际上就是一个装配体，那么在进行管路布线时，通常需不需要执行装配操作？如何添加约束等操作？

（2）在创建线路零部件时，由于布线时，第一个添加的零部件决定了要创建的管路类型（如是电气、软管还是管道），那么应该如何令线路零部件决定线路类型？

（3）为什么管道中的弯管，很多都是黄色的？为什么有的不是黄色的？

三、操作题

（1）打开本书提供的素材文件 “配电柜.SLDASM”（练习目录下），如图 6-38 左图所示，使用本章所学的知识进行其他部分的布线操作，效果如图 6-38 右图所示。

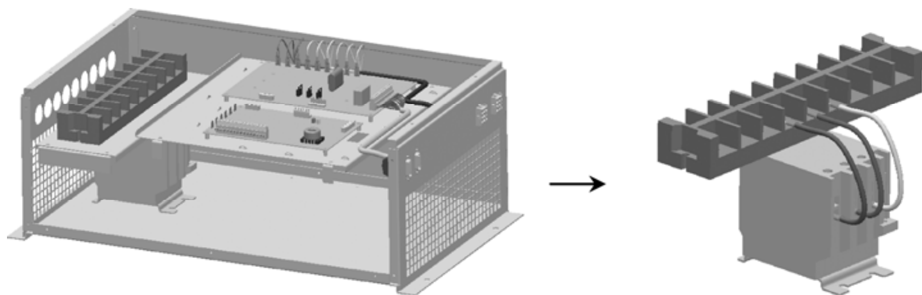


图 6-38　素材文件和布线效果


提示

本实例操作需使用素材文件中提供的自定义接头（模型库中的接头，无法与模型位置处对齐）。

（2）打开本书提供的素材文件“暖气系统.SLDASM”，如图 6-39 左图所示，使用本章所学的知识，执行布管操作，效果如图 6-39 右图所示。

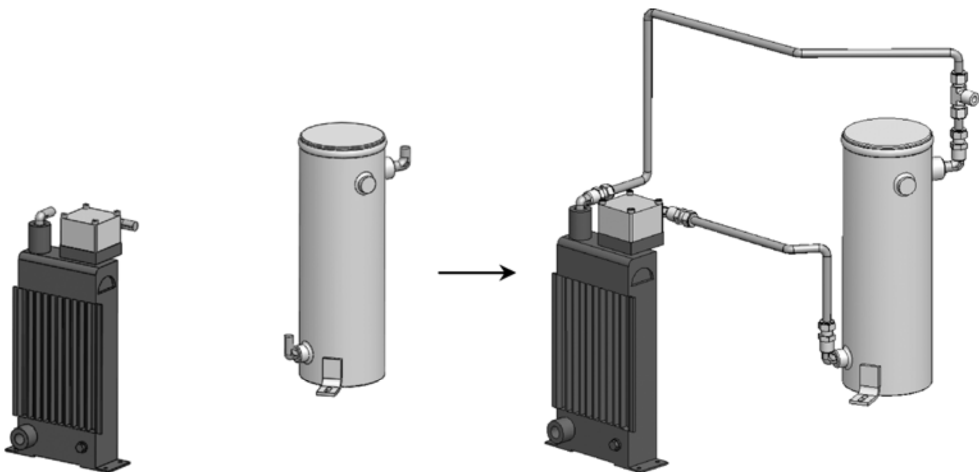


图 6-39　素材文件和布管效果

第 7 章 模 型 渲 染



本章要点

- 渲染工具介绍
- 主要渲染过程
- 其他渲染设置

学习目标

通过渲染，可使模型很逼真，就像给实际设计出来的机器拍的照片一样，从而可以更好地向客户展示产品的外观和结构等情况。渲染并不复杂，通常掌握好外观、贴图和灯光，即可得到比较好的输出效果。

本章讲述将设计好的模型渲染输出的相关知识。

7.1 渲染工具介绍

SolidWorks 是通过什么模块进行渲染的？或者说 SolidWorks 的渲染空间是什么？在学习 SolidWorks 渲染操作之前，笔者先来解决这个问题。

实际上，即使不进行渲染，也可以在 SolidWorks 的正常建模环境下为模型添加材质和贴图，并设置灯光。这些操作与后面将要介绍的渲染操作相同，都可通过 SolidWorks 的 DisplayManager 选项卡来实现。

不同之处在于，普通建模环境下设置的材质、贴图和灯光，只在 SolidWorks 的建模环境下显示，即只影响操作窗口中模型的样式，且显示粗糙。要实现正确的渲染输出，即将模型渲染成逼真于实体的图片，在 SolidWorks 2014 中，需要使用 PhotoView 360 插件。

如图 7-1 左图所示，单击顶部“常用”工具栏“选项”下拉菜单中的“插件”项，在弹出的“插件”对话框中勾选“PhotoView 360”复选框，启动 PhotoView 360 插件；然后右击顶部工具栏空白处，在弹出的快捷菜单中选择“渲染工具”菜单项，如图 7-1 右图所示，可调出“渲染工具”工具栏，使用此工具栏，可完成对模型的渲染操作。



PhotoView 360 插件，在 2009 版之前称为 PhotoWorks，此外，从 2010 版后，PhotoView 开始以独立的程序出现，因此需要在 Windows 开始菜单中启动此工具。



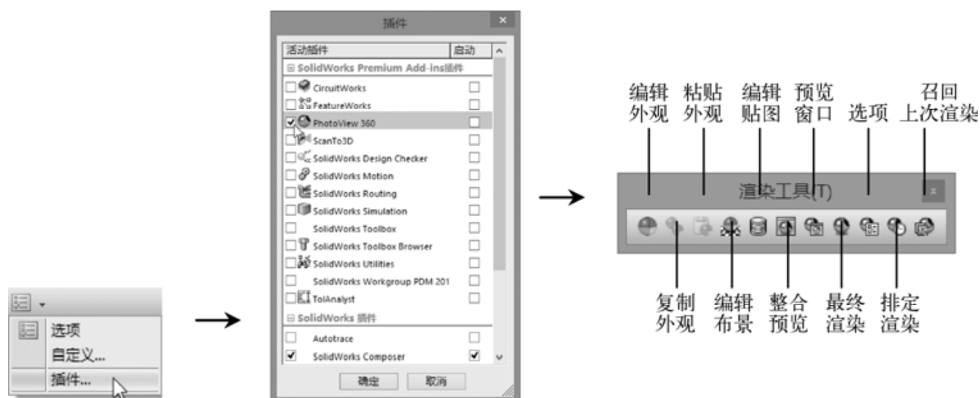


图 7-1　启动渲染插件并调出渲染工具栏操作

在普通建模环境下（或装配环境下），DisplayManager 选项卡与启用了“PhotoView 360”插件时相比较有何差别。如图 7-2 所示，左侧 DisplayManager 选项卡为未启用“PhotoView 360”插件时的样式，右侧 DisplayManager 选项卡为启用了“PhotoView 360”插件时的样式（及模型渲染和不渲染的差别）。

通过观察不难发现，启用“PhotoView 360”插件后，DisplayManager 选项卡主要表现在“PhotoView 360 选项”按钮可用，此按钮主要用于设置渲染输出图像的大小和清晰度等参数；可设置线光源的影响范围，按钮是设置普通环境下的光源开启，按钮则是设置 PhotoView 环境下光源的开启（灰度时是关闭，彩色时为开启，可通过右击，通过弹出的快捷菜单，打开或关闭相应的线光源），其他“外观”“贴图”“布景”等，在普通模式和 PhotoView 模式下都有作用，只是显示的精度不同。

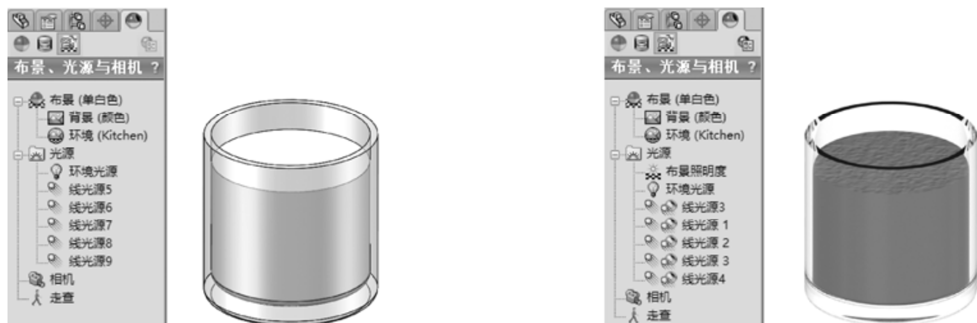


图 7-2　“PhotoView 360”插件启用前后 DisplayManager 选项卡和模型渲染前后的效果（相同的外观材质和灯光）



提示

DisplayManager 选项卡是渲染操作的主要选项卡，通过此选项卡可执行渲染的大部分操作（如设置外观材质、贴图和布景等），通常通过右击执行相关操作，即与单击工具栏中的相关按钮效果相同，只是缺少了“最终渲染”和“预览”等功能。

7.2 主要渲染过程

通常只渲染关键的几步，分别是设置外观、贴图和灯光，然后执行“最终渲染”输出即可。其中贴图和灯光有时无需操作，所以实际上外观的设置最关键，最终渲染有时也可通过“整合预览”操作代替。本节讲述相关操作。

7.2.1 外观

“外观”相当于现实工作中决定使用什么材料来制造某个零件，如螺钉旋具的手柄部分可用塑料，而刀杆多为钢材。

要为模型设置外观（此处操作可先打开本文提供的素材文件），可单击“渲染工具”工具栏中的“编辑外观”按钮打开“颜色”属性管理器，首先通过右击“所选几何体”栏删除默认选中的几何体，再选中“实体”按钮，并单击素材文件实体（这里单击外框），然后在右侧“外观、布景和贴图”任务窗格标签中，选中一外观（这里选中“粗制黄松木”外观），将其设置给选中的相框实体，即可完成外观的设置，如图 7-3 所示。

完成外观的设置后，直接单击“渲染工具”工具栏中的“渲染”按钮，可查看设置材质的效果（可以发现此时相框模型较像木质），如图 7-3 左下图所示。

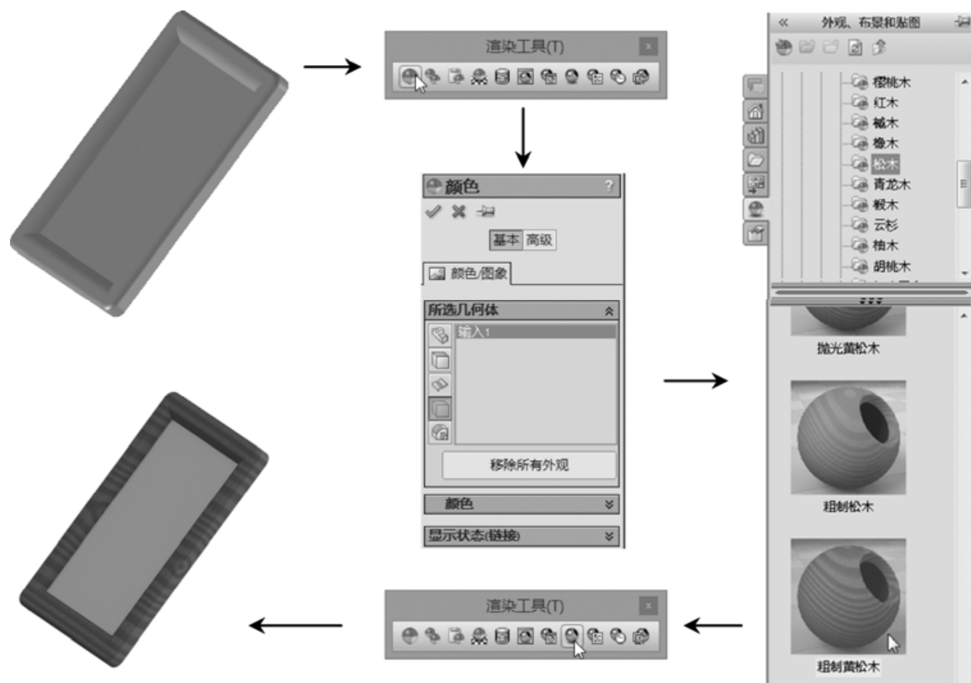


图 7-3　设置外观并渲染输出操作

渲染操作中的外观设置，实际上就是首先选中要设置的“特征”“实体”或“面”等，然后在右侧窗格标签中选中要使用的外观项即可。

在渲染的过程中，“颜色”属性管理器中的“颜色/图像”选项卡中，“颜色”选项卡用于更改外观的颜色；“显示状态”选项卡用于在多配置实体中，令更改的外观作用于某个配置。

此外，单击“颜色”属性管理器中的“高级”按钮，打开其余选项卡，如图 7-4 左侧 3 个图所示，可对更多的“颜色”选项进行设置。

其中“映射”和“表面粗糙度”选项卡只对织物、粗陶瓷和某些塑料外观（有纹理的外观）有作用，用于对纹理的方向等进行设置（实际上，当所选用的“外观”具有纹理时，在“基本”模式下，也会显示“映射”选项卡，如图 7-4 右图所示，此选项卡与高级模式下的选项卡作用相同，只是其选项和设置会更加形象一些）。

“照明度”作用较大，其中“漫射量”也就是对散光的反射量；3 个“光泽”项用于设置零件上高光的强度和颜色；“反射量”用于设置类似镜面反射的程度；“透明量”用于设置透明度；“发光强度”可用于模拟灯泡；“圆形锐边”项用于将锐利的角做圆形化渲染处理。

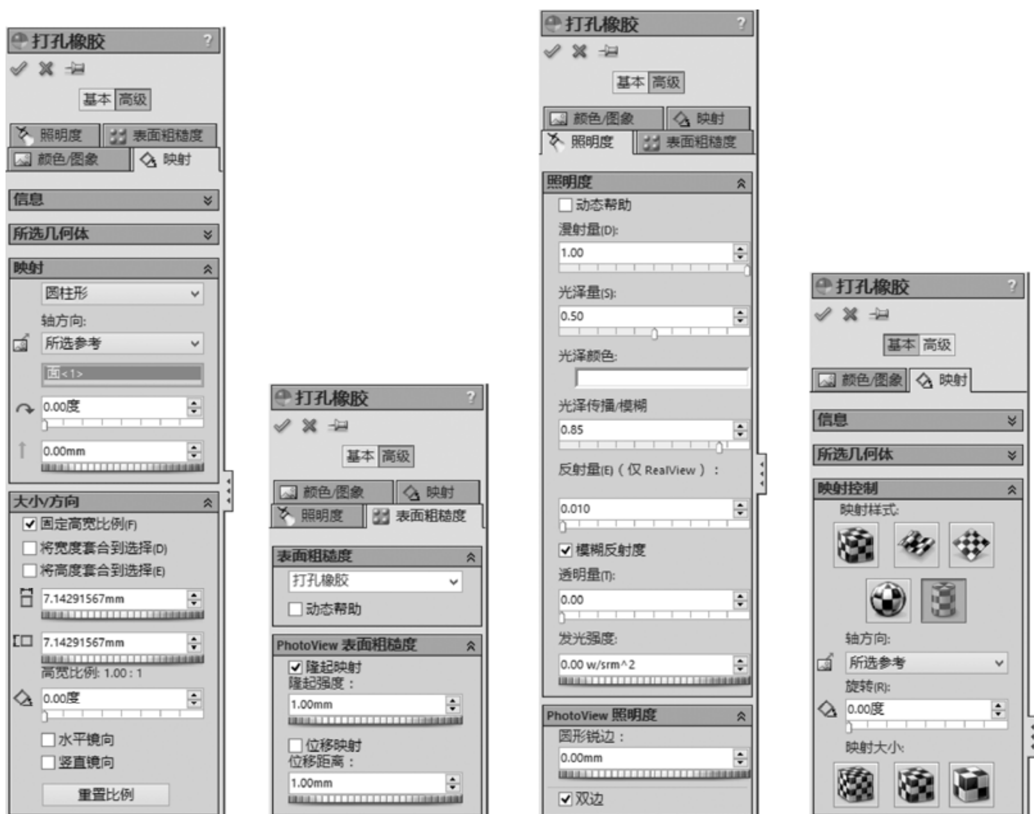


图 7-4 “颜色”属性管理器中的选项卡



提示

需要注意的是，在 SolidWorks 左侧模型树中有个“材质”项，此项设置也可影响“外观”，但是却不是渲染时要使用的，材质除了可影响模型外观，还同时设置了模型的质量等属性，即“材质”是“分析”时要设置的项，渲染时只需设置外观即可。

7.2.2 贴图

贴图就是将真实的图片（如拍照的图片）贴到零件表面（像穿衣服一样），以令渲染效果更加逼真。

要执行贴图操作，可单击“渲染工具”工具栏中的“编辑贴图”按钮，然后单击“浏览”按钮，在打开的对话框中选择好要使用的贴图图片，再选中要进行贴图的零件表面，切换到“映射”选项卡，然后根据需要调整贴图的大小即可（也可直接拖动贴图的控制点，对贴图大小进行调整），如图 7-5 所示。

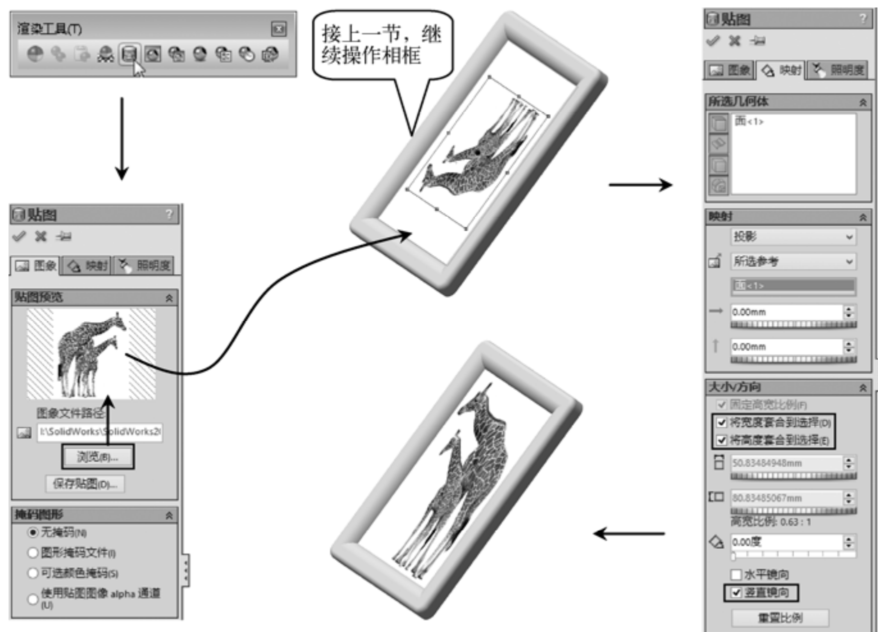


图 7-5 设置“贴图”操作

下面讲解在“贴图”属性管理器中，部分选项的作用，具体如下：

- “图像”选项卡中的“掩码图形”卷展栏：“掩码图形”相当于 PhotoShop 中的图层遮罩，只指使用一个图形罩在当前贴图图形上，然后用于遮罩图形的白色区域是透明的位置，或者选中某个颜色，以消除贴图图形中的此颜色，如选中“使用贴图图像 Alpha 通道”项，则可渲染生成带图层的图像。
- “映射”选项卡中的“大小/方向”卷展栏：用于调整贴图图形的大小和方向，或进行“水平”和“竖直”反转等（各选项的具体作用，用户不妨自行尝试）。
- “映射”选项卡中的“映射”卷展栏：用于设置贴图图形的位置和图形投射到模型表面的方式，下面的两个转钮，用于调整贴图图形相对于所选面的位置；“投影”下拉列表框可设置贴图图形映射到零件表面的投影方式（“标号”可理解为一种包裹形式的贴合，类似于在实际零件上粘贴标签；“投影”是先将图绘制在指定基准面上，然后再从基准面将贴图映射到选中的面上；“球形”用于投射球面；“圆柱形”用于投射圆柱面）。





如工作区中为模型添加的贴图图形始终显示不出来，可在“前导视图”工具栏的“隐藏/显示项目”下拉列表框中选中“查看贴图”按钮，如图 7-6 所示。



图 7-6　显示“贴图”操作

7.2.3 灯光

就像摄影师拍照时，为了得到清晰的图片，或获得需要的拍照效果，除了自然光之外，通常还需要对被拍照的对象进行“打光”；而 SolidWorks 中也可对此进行模拟，对被渲染的对象，通过添加各种光源，为其添加照射光线等。

这里添加一个“聚光源”，在添加之前，通过导航控制区 DisplayManager 选项卡中的“布景、光源和相机”列表项先关闭系统自动打开的“线光源”（此处，接 7.2.2 节继续操作相框文件），并设置背景亮度和布景的反射度，如图 7-7 所示（以模拟黑夜效果）。

然后右击“光源”项，选择“添加聚光源”菜单，再设置聚光源的位置，以及亮度和柔边参数等，即可得到需要的灯筒照射相框的效果，如图 7-8 所示。



图 7-7　关闭线光源并设置背景亮度

下面解释一下“编辑布景”属性管理器中各个选项的作用。

- 背景明暗度：相当于背景的亮度，设置为 0 就是黑色的夜空。
- 渲染明暗度：在渲染的时候，模型本身的亮度。

➢ 布景反射度：所设置布景空间墙壁反射光线的能力。





在 DisplayManager 选项卡的“布景、光源和相机”列表中，“布景照明度”项的下面还有个“环境光源”项，此项只对 SolidWorks 工作区起作用，对渲染效果无影响。

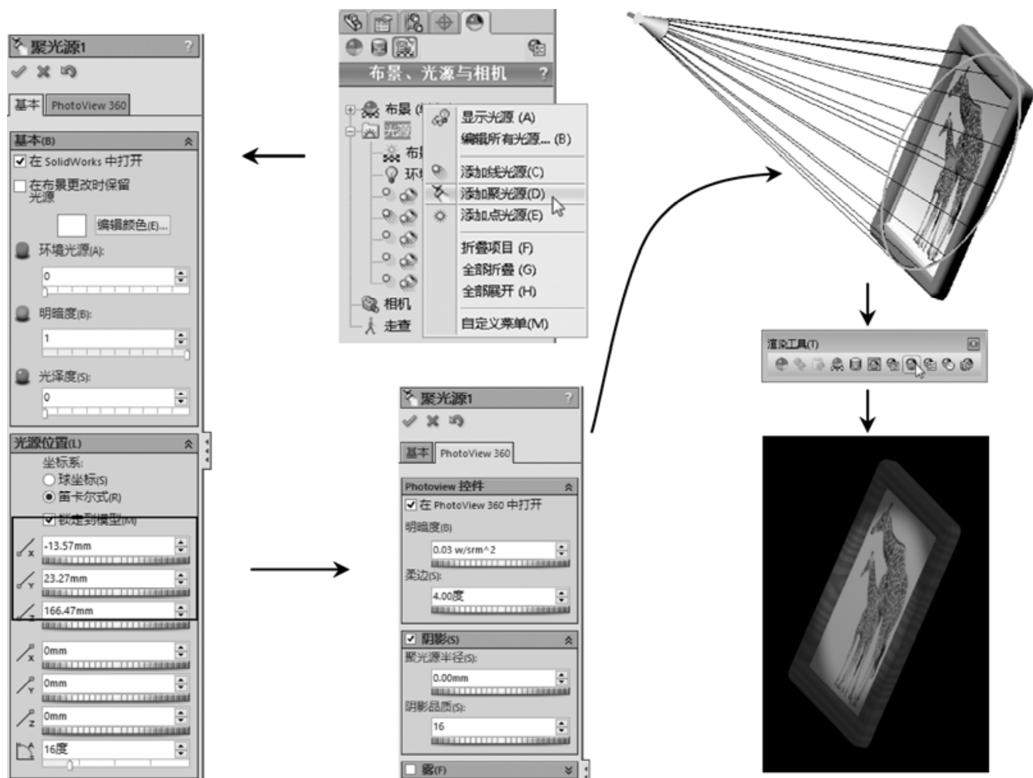


图 7-8　添加聚光源并进行渲染输出

下面解释一下“聚光源”属性管理器中各选项的作用：

➢ “基本”选项卡中的“基本”卷展栏只在 SolidWorks 工作区中起作用，对渲染效果无影响。
➢ “光源位置”卷展栏中的选项用于调整光源的位置。
➢ “PhotoView”选项卡用于设置渲染时光源的强度（明暗度），光源边界处的柔和程度（柔边），以及光源边界处是否有阴影等。

“线光源”和“点光源”的属性管理器中的各选项也与此相同。



在 PhotoView 中共可添加 3 种光源：线光源、聚光源和点光源。其中，线光源多用于模拟太阳光（或其他远距离光源），是一种均匀光线；聚光源的光线被限制在一个圆锥体内，可用于模拟手电筒；点光源多用于模拟灯泡，光从灯泡的中心向外辐射。



7.2.4 渲染

完成“外观”的添加，以及其他设置工作（如灯光设置，或保持系统默认）后，单击“渲染工具”工具栏中的“最终渲染”按钮，即可在打开的“最终渲染”窗口中得到渲染效果，如图 7-9 所示。此时，单击“保存图像”按钮，可保存将渲染图像。



图 7-9　添加外观并进行最终渲染输出的操作

如只是想暂时查看渲染效果，不立即输出，也可单击“整合预览”或“预览窗口”按钮，预览模型效果。其中“整合预览”将在当前操作区中整合预览模型效果，“预览窗口”将在打开的窗口中显示预览效果。



可单击“渲染工具”工具栏中的“选项”按钮，打开“PhotoView 360 选项”属性管理器，如图 7-10 所示，通过此界面设置图像输出的大小和分辨率等参数，具体卷展栏的作用如下。

- 输出图像设定：用于设置输出图像的大小，以及图像格式和默认输出路径等。
- 渲染品质：用于设置预览和最终渲染时，输出图像的品质（即分辨率）。此卷展栏中勾选“自定义渲染设置”复选框，可定义渲染时采用的“反射”和“折射”次数（因为光线是需要在房间中反射多次，才能被吸收的），数越大图像越逼真，渲染也越耗时。“灰度系”用于设置“中级色调”（处于最亮和最暗之间的颜色）的亮度，值越大“中级色调”越亮。
- 光晕：令发光或反射光的位置变模糊，类似雾的效果。
- 轮廓/动画渲染：渲染时可以渲染出模型的轮廓线。
- 直接焦散线：焦散是指光线穿过透明物体，在透明物体表面发生的漫散射现象，如水面的粼粼波光，此处即用来定义焦散效果和焦散质量的。
- 网络渲染：定义使用网络渲染，此时需要局域网的其他机器打开 SolidWorks 组件中的“PhotoView 360 Network Render Client”程序，并单击“立即进入客户端模式”按钮，然后在渲染时可使用多台计算机对模型进行渲染，以节省渲染时间。



图 7-10 “PhotoView 360 选项”属性管理器

实例精讲——渲染“玻璃杯”

本实例讲述一个简单的玻璃杯渲染的实例，以复习前面学到的渲染过程。虽然玻璃和水都是透明介质，按说渲染起来应该较为复杂，但实际上，却是“PhotoView 360”的“拿手”操作，一点也不困难。

【制作分析】

在本实例中，将渲染一个盛放着绿色的橙汁的玻璃杯，渲染时主要用到了玻璃、水（静水和重波纹水）外观，如图 7-11 所示，“重波纹水”外观用于模拟水表面的状态。下面讲解具体操作。

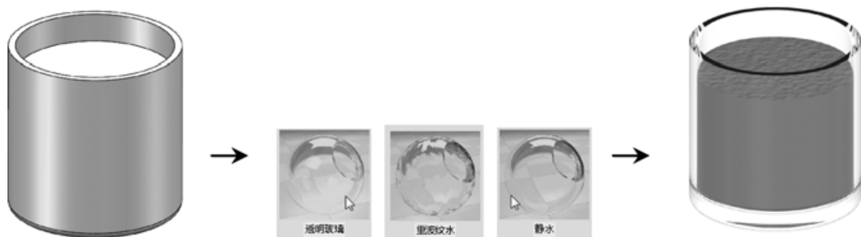


图 7-11 零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“水杯（素材）.SLDPRT”，单击“渲染工具”工具栏中的“编辑外观”按钮，然后选中杯子实体为要设置外观的对象，并通过右侧“外观、布景和贴图”任务窗格为其设置“透明玻璃”外观，如图 7-12 所示。



图 7-12　为杯子实体设置透明玻璃外观操作

STEP 2 单击“渲染工具”工具栏中的“编辑外观”按钮，然后选中玻璃实体为要设置外观的对象，通过右侧“外观、布景和贴图”任务窗格为其设置“静水”外观，并为其设置颜色为“绿色”，如图 7-13 所示。

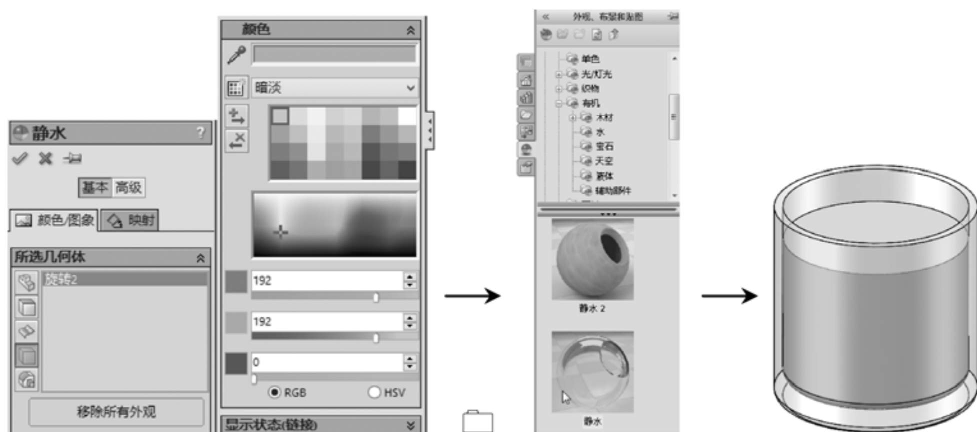


图 7-13　为水实体设置静水外观操作



在通过外观属性管理器的“颜色”卷展栏设置外观的“颜色”时，最好通过上面的块颜色框进行设置，否则容易出现渲染错误。

STEP 3 单击“编辑外观”按钮，然后选中玻璃实体的上表面为要设置外观的对象，通过右侧任务窗格为其设置“重波纹水”外观，完成操作后，单击“渲染工具”工具栏中的“最

终渲染”按钮，即可得到渲染效果，如图 7-14 所示。

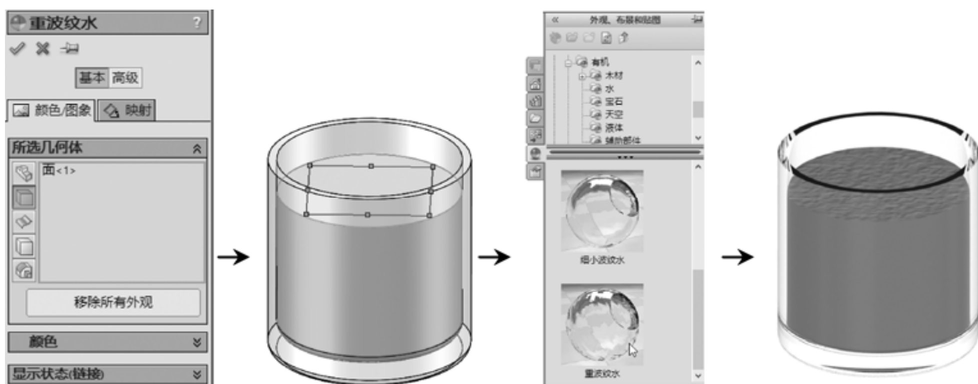


图 7-14　为玻璃表面设置重波纹水外观和渲染效果



使用默认的渲染环境，不管是白色背景还是其他背景，渲染后杯子都会带有阴影，如需去掉此阴影，可右击导航控制区 DisplayManager 选项卡中“布景、光源和相机”列表项中的“布景”项，在弹出的快捷菜单中选择“楼板阴影”或“楼板反射”项即可，如图 7-15 所示。

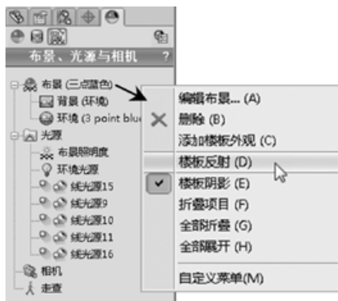


图 7-15　取消反射操作

7.3　其他渲染设置

除了外观、贴图和灯光之外，为了实现一些特殊的效果，还可在渲染过程中，为渲染添加布景、相机和进行走查操作等。对于这些操作，在实际渲染过程中，有时会用到，本节简单介绍其作用和设置方法。

7.3.1 如何添加“布景”

“布景”就如在照相馆照相时，后面的那张背景图片，也可以理解为渲染的布局空间。

要设置布景，可单击“渲染工具”工具栏中的“编辑布景”按钮，然后在右侧“外观、

布景和贴图”任务窗格标签中选中一布景格式，再在左侧“编辑布景”属性管理器的“楼板”卷展栏中设置布景“楼板”的平面位置（通常选择一模型上的面作为布景楼板参照的“所选基准面”）。然后进行渲染，这样即可使用布景输出图形了，如图 7-16 所示。

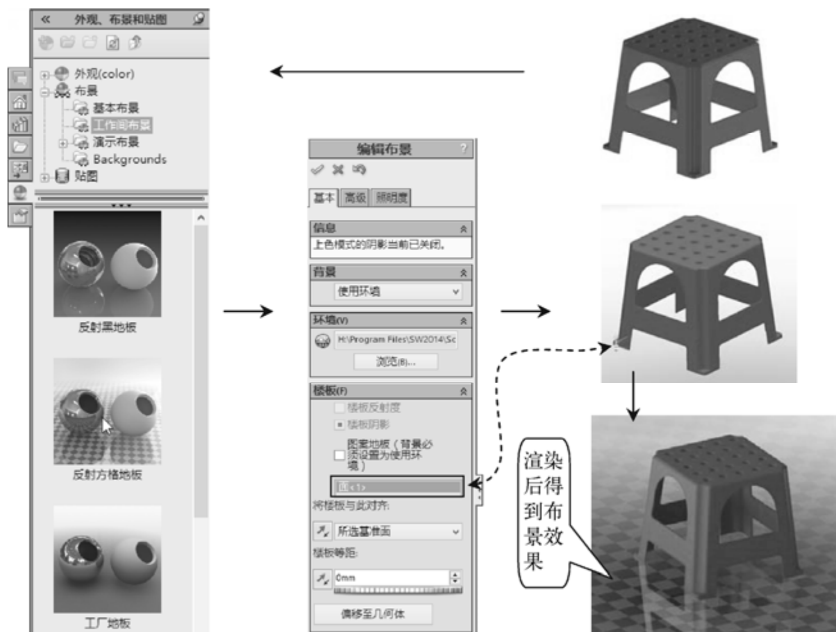


图 7-16 设置布景操作


提示

需要注意的是，实际上此处设置布景的操作与通过“前导视图”工具栏中的“应用布景”按钮设置布景是一致的，只是此处可以设置布景楼板的位置。

在“编辑布局”属性管理器中，如图 7-16 中图所示，除了可以设置楼板位置外，实际上其他可以设置的选项较少（通常保持系统默认设置即可）。如切换到通过“高级”选项板，可设置楼板的位置和大小，“照明度”选项板与“光源”中的“布景照明度”的设置相同（可参见 7.2.3 节中的讲解）。

此外，这里再说明一下，系统提供的布景可为三类：基本布局、工作间布局和演示布局，如图 7-16 左图所示。其中“基本布局”是仅有背景颜色的布局样式，“工作间布局”是包括某种样式地面的布局环境，“演示布局”具有三维的布局环境。

7.3.2 如何使用“相机”

PhotoView 中的“相机”也与现实中的类似，也就是将相机至于当前的操作空间中，令相机镜头朝向需要的位置，从而得到需要的相机视图的过程，如图 7-17 所示。

在导航控制区 DisplayManager 选项卡中的“布景、光源和相机”列表项“光源”列表的下方，可以发现“相机”项，如图 7-18 所示，右击此项，选择“添加相机”菜单，打开“相

机”属性管理器，通过此管理器设置相机的位置、镜头方向和视野等，单击“确定”按钮即可添加相机。

完成相机的添加后，右击添加的相机，选择“相机视图”菜单，可将当前视图切换为“相机视图”，如图 7-17 右图所示。然后进行渲染，从而得到特定区域的渲染效果。



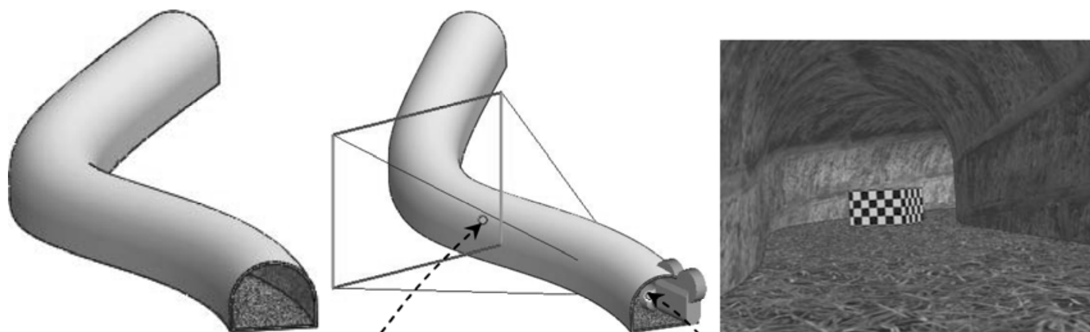


图7–17 相机和相机视图

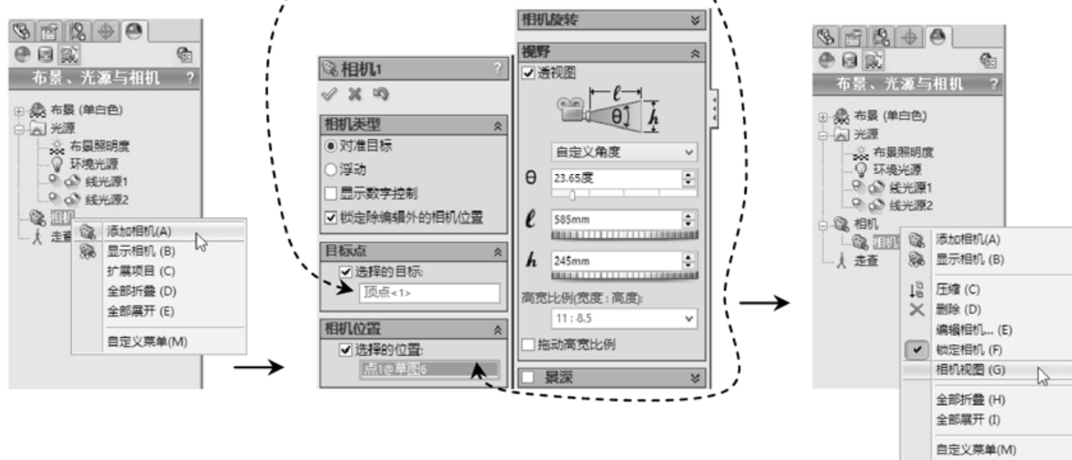


图 7-18 添加相机操作

下面讲解“相机”视图属性管理器中，各选项的意义：

- 对准目标：选中此项后，移动相机（或设置其他属性）相机目标点的位置不变。
- 浮动：相机的目标点（即聚焦点）随相机的移动而移动。
- 显示数字控制：相机“浮动”状态下可用，以用数字显示相机的当前坐标位置。如清除此项，则需要在图形区中通过拖动来调整相机的位置。
- 锁定除编辑外的相机位置：选中此选项后，可设置在相机视图中，禁用视图调整命令（如旋转和平移等命令）。
- 目标点：通过选择一点（或面、线）设置相机的目标点，即聚焦点。
- 相机位置：通过选择一点（或面、线）设置相机的位置，
- 旋转：相机绕相机位置和目标点的连线，旋转的角度。如旋转 90°，则相当于由横向拍摄切换到竖向拍摄。选择一参考面，则垂直于此面的方向，为相机的正方向（即如

果将选择的面看做地面，那么垂直于地面的方向，就是相机正常拍照的方向）。

- 视野：相机的视野范围，ℓ用于设置可以照多远，h用于设置可以照多宽。
- 景深：用于设置相机焦点前后，可拍摄的图像的清晰范围（范围之外的图像，会进行模糊处理）。否则相机视口内的所有图像在渲染时都清晰显示。



提示

对于上面的图像，如结合本书下一章将要讲到的“动画制作”操作，也可以制作“穿越山洞”的动画，有兴趣的读者，不妨一试（或查看本书提供的最终效果）。

7.3.3 什么是“走查”

在导航控制区 DisplayManager 选项卡中的“布景、光源和相机”列表项“光源”列表的下方的最后一项为“走查”项。右击此项，选择“添加走查”菜单，可打开“走查”属性管理器，如图 7-19 所示，然后选中一平面作为走查的“地面”，然后单击“开始走查”按钮即可进入走查操作界面，通过单击相应的走查按钮以“走动查看零件”了。

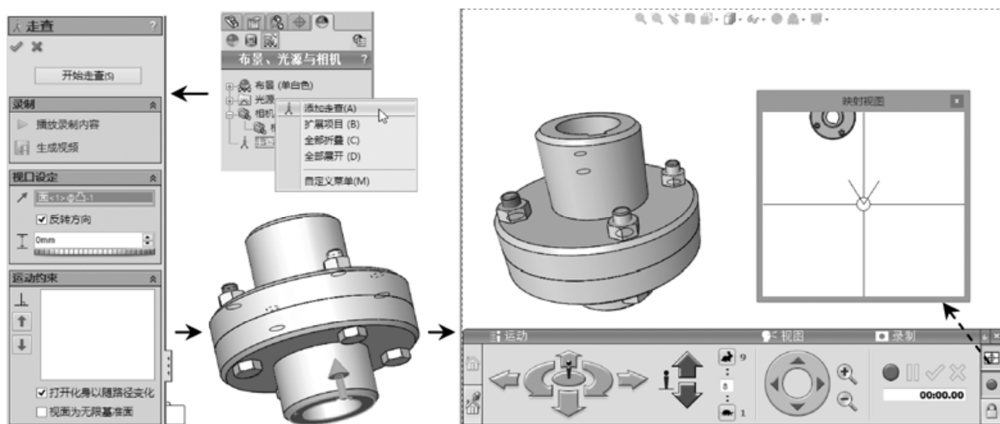


图 7-19　添加走查操作

走查操作相当于绕着模型“走动查看”，所以称其为“走查”，走查时单击“运动”工具栏中的“记录”按钮●，可以对走查过程进行录像，录像完成后，录制的内容将记录在此“走查”项中，当编辑此走查时，可播放录制的走查内容（“运动”工具栏中的其他按钮，功能较为简单，用户不妨自行琢磨，此处不再赘述）。

实例精讲——给学生宿舍“拍照”

为了充分说明相机等渲染元素的作用，本实例将为宿舍模型“拍照”，具体如下。

【制作分析】

本实例所使用的模型文件和拍照后的效果如图 7-20 所示，在操作过程中，主要涉及相机的定位、视图切换和灯光的添加等，下面讲解具体操作。

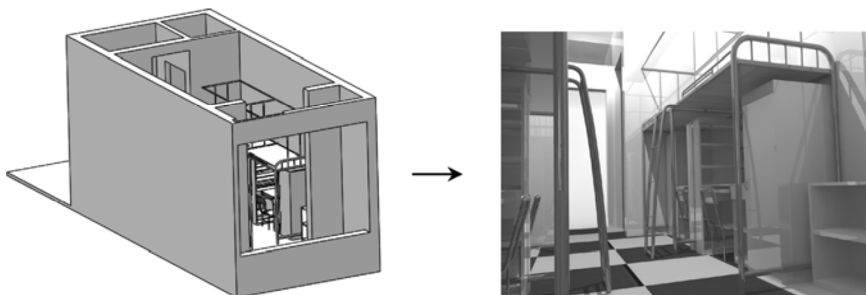




图 7-20　零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“装配.SLDASM”，如图 7-20 左图所示，单击“渲染工具”工具栏中的“编辑外观”按钮，选择宿舍地面为其设置外观为纹理，如图 7-21 所示。

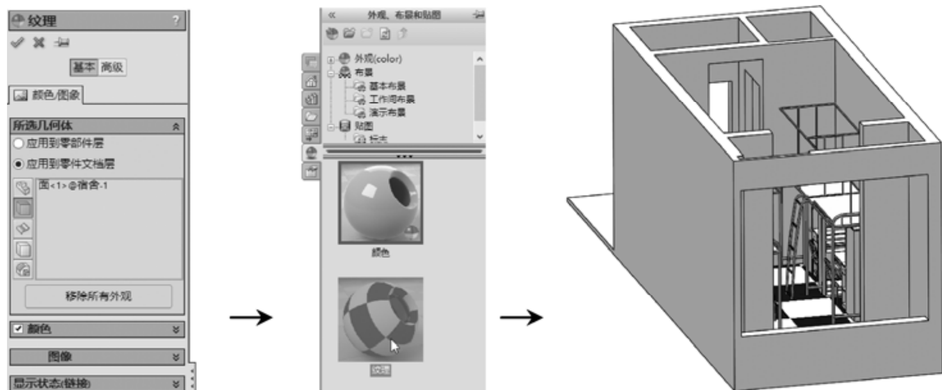


图 7-21　为地板设置纹理外观

STEP 2 右击 DisplayManager 选项卡“布景、光源和相机”列表项中的“光源”项，选择“添加点光源”菜单项，然后拖动代表点光源的红点到宿舍的上方（以模拟灯泡），并设置点光源的功率为 0.3，如图 7-22 所示。

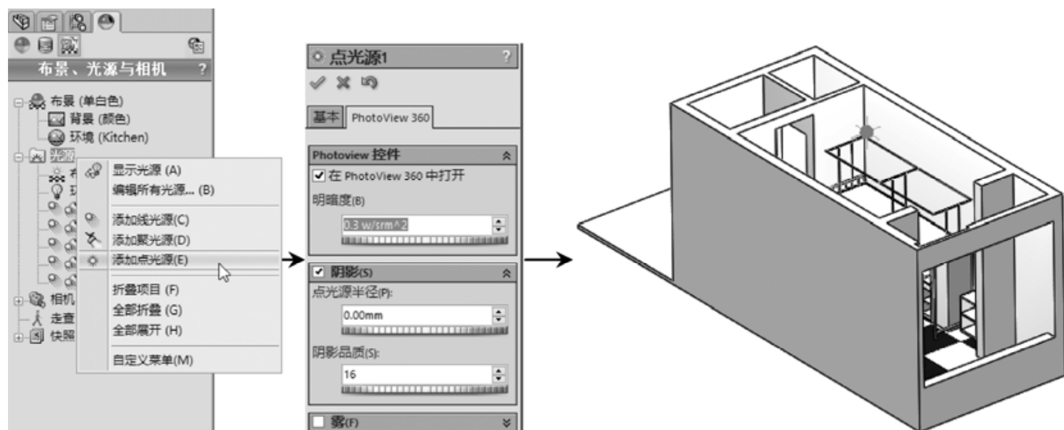


图 7-22　添加点光源操作

STEP 3 右击 DisplayManager 选项卡“布景、光源和相机”列表项中的“相机”项，选择“添加相机”菜单项，打开“相机”属性管理器，然后通过选择一点设置相机的目标点，通过选择窗户底部的一条线，设置相机的位置来添加相机，如图 7-23 所示。

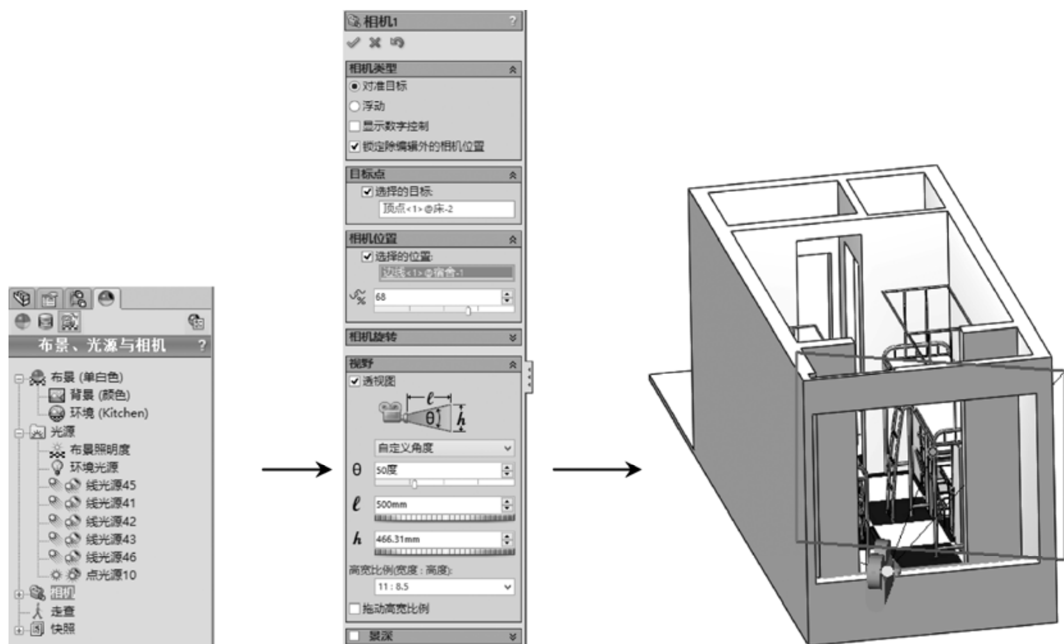


图 7-23　添加相机操作

STEP 4 完成相机的添加后，右击添加的相机项，选择“相机视图”菜单，将当前操作界面切换到“相机视图”窗口，然后单击“渲染工具”工具栏中的“最终渲染”按钮可得到相机视图的渲染效果，如图 7-20 右图所示。

7.4　本章小结

本章主要介绍了在 SolidWorks 中渲染模型的操作方法，其中“外观”“贴图”和“灯光”的设置应重点掌握。

7.5　思考与练习

一、填空题

（1）要实现正确的渲染输出，即将模型渲染成逼真于实体的图片，在 SolidWorks 2014 中，需要使用__________________插件。

（2）__________________选项卡是渲染操作的主要选项卡，通过此选项卡可执行渲染的大部分操作。

（3）________相当于现实工作中，决定使用什么材料来制造某个零件，如螺钉旋具，手柄部分可用塑料，而刀杆多为钢材。

（4）在 SolidWorks 左侧模型树中有个________项，此项设置也可影响“外观”，但是却不是渲染时要使用的，________除了可影响模型外观，还同时设置了模型的质量等属性，即________是“分析”时要设置的项，渲染时只需设置外观即可。



（5）________就是将真实的图片（如拍照的图片）贴到零件表面（像穿衣服一样），以令渲染效果更加逼真。

（6）DisplayManager 选项卡“布景、光源和相机”列表中“布景照明度”项的下面还有个“环境光源”项，此项只对________________起作用，对渲染效果无影响。

二、问答题

（1）完成相机的添加后，如何操作可将当前视图切换为“相机视图”？以及切换到相机视图后，如何操作可将相机视图切换到普通视图？

（2）系统提供了哪三类布景？每种布景有何不同？

（3）简述一下什么是“走查”？

三、操作题

打开本书提供的素材文件“螺钉旋具（素材）.sldprt”，如图 7-24 左图所示，使用本章所学的知识为其添加外观，并进行渲染，效果如图 7-24 右图所示。

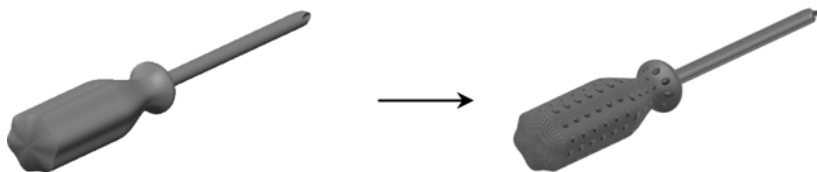


图 7-24　素材文件和渲染效果

第 8 章　动 画 制 作

本章要点

- 运动算例操作界面
- 动画向导
- “手动制作”动画操作
- 复杂动画制作

学习目标

运动算例（即 MotionManager）是 SolidWorks 用于制作动画的主要工具，可用于制作商品展示动画、机械装配动画，以及模拟装配体中机械零件的机械运动等。其动画原理与 Flash 等常用动画制作软件的原理基本相同，都是通过定义单帧的动画效果，然后由系统自动补间零件的运动或变形，从而生成动画。

本章讲述基本动画的制作操作。

8.1　运动算例操作界面

右击 SolidWorks 操作界面顶部空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“MotionManager”菜单项，然后在底部标签栏中单击“运动算例 x”标签可调出运动算例操作面板，如图 8-1 所示，此操作面板是在 SolidWorks 中创建动画的主要操作界面。

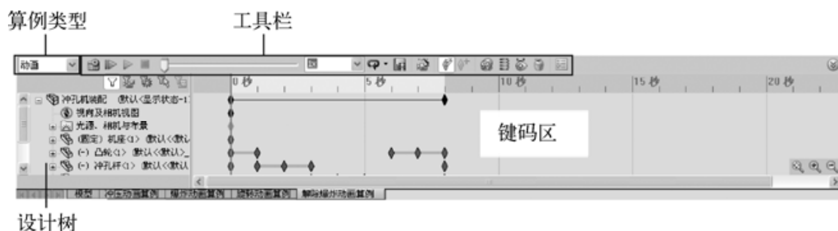


图 8-1　运动算例的操作面板

运动算例操作界面主要由动画类型、工具栏、键码区和设计树几个主要部分组成，下面看一下各组成部分的作用。

➢ “算例类型”下拉列表框：从此下拉列表框中可以选择使用“动画”“基本运动”和“Motion 分析”3 种算例类型。动画算例侧重于动画制作；基本运动算例类型制作动画时考虑了质量等部分因素，可制作近似实际的动画；在使用“Motion 分析”动画类

型时，考虑了所有物理特性，并可图解运动效果。

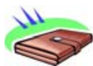


提示

要使用“Motion 分析”动画类型，需要在顶部选项下拉列表框中选择“插件”项，并在打开的对话框中启用“SolidWorks Motion”插件。



➢ “工具栏”：通过操控面板的工具栏可以控制动画的播放以及当前帧的位置，并可为模型添加马达、弹簧、阻尼和接触等物理因素，以对这方面的实际物理量进行模拟（不同算例类型，可以使用的动画按钮并不相同）。
➢ “键码区”：显示不同时间，针对不同对象的键码。键码是模型在某个时间点状态或位置的记录。在工具栏“自动键码”按钮处于选中状态时，用户对模型执行的操作，可自动被记录为键码，也可单击“添加/更改键码”按钮，来添加键码。
➢ “设计树”：装配体对象、动画对象（如马达）和配合等的列表显示区，其与右侧的键码区是对应的，右侧键码为空时，表示此段时此对象不发生变化，或不起作用。



提示

通过单击设计树上部的“过滤器”按钮，可以有选择性地显示某些需要对其进行操作的对象，如单击“过滤选定”按钮，将只在设计树和键码区中显示选定对象的设计树和键码。

8.2 动画向导

SolidWorks 的动画模块默认提供了一个向导，使用此向导可轻易制作一些简单的动画，如简单的旋转动画（可用于产品展示），爆炸视图动画和装配动画（可用于说明产品构造）等，本节先来介绍 SolidWorks 的这个功能。

8.2.1 旋转零件动画

所谓旋转零件动画，也就是令零件绕某个轴不断旋转的动画，以达到展示所设计零件的目的，下面看一下此向导的详细操作。

STEP 1 打开本书提供的素材文件“企鹅（素材）.SLDPRT”，然后切换到“运动算例”面板，如图 8-2 所示，然后单击“向导”按钮，打开动画向导。

STEP 2 在系统默认打开的操作界面中，首先选中“旋转模型”单选按钮（表示旋转模型，其余单选按钮的作用，将在 8.2.2 节讲述），并单击“下一步”按钮；然后在下一个向导界面中，选中“Y-轴”（表示绕 Y 轴旋转），“旋转次数”设置为 10 次，并设置“顺时针”旋转，然后单击“下一步”按钮；在向导的最后一个操作界面中设置动画的总长度和动画的开始时间（“开始时间”之前的时间段，如已有动画视频，此视频将不变，此处将生成静止帧），然后单击“完成”按钮，即完成了动画的创建，如图 8-3 所示。





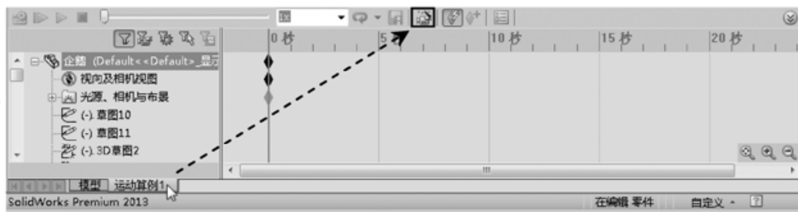


图 8-2　打开素材并切换到“运动算例”面板





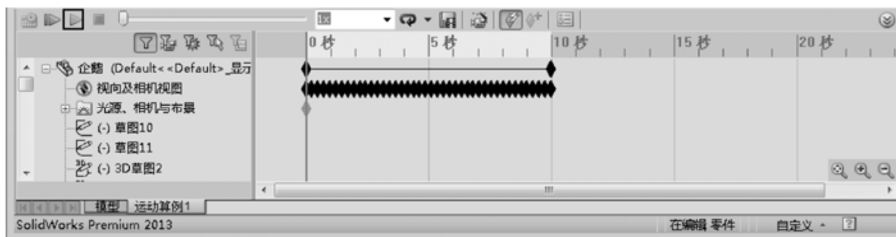






图 8-3　向导操作界面

STEP 3 完成向导操作后，系统自动生成了动画，并生成了关键帧，如图 8-4 上图所示，此时单击此操控面板中的“播放”按钮即可以查看生成的动画，如图 8-4 下图所示（模型将绕 Y 轴多次旋转）。



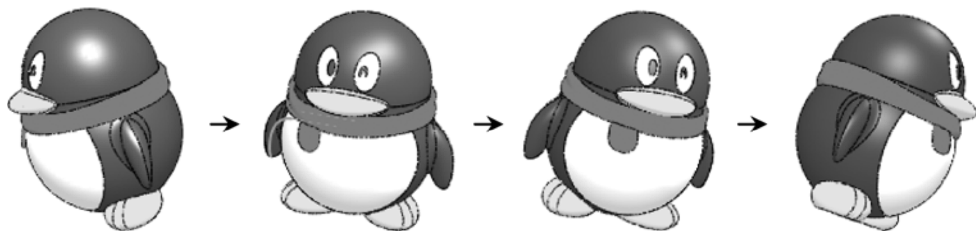


图 8-4　播放视频操作

旋转动画中，如是装配体，零件之间将没有相对运动，所以是最简单的动画。

8.2.2 制作爆炸或装配动画

进行了装配并创建了爆炸视图的装配文件，可以使用动画向导创建爆炸动画（或装配动画，装配动画是爆炸动画的反向动画）。在 8.2.1 节中，如图 8-3 左图所示，之所以不可以选择“爆炸”和“解除爆炸”单选按钮，就是由于素材文件中未创建有爆炸动画。下面看一下爆炸和装配动画的创建操作。

STEP 1 首先打开本文提供的素材文件“平口钳装配.SLDASM”，如图 8-5 左图所示，可发现此装配文件已经创建了爆炸视图，并处于爆炸视图状态，切换到 ConfigurationManager 选项卡，右击图 8-5 中图所示的项，选择“解除爆炸”菜单项，解除爆炸状态，效果如图 8-5 右图所示。

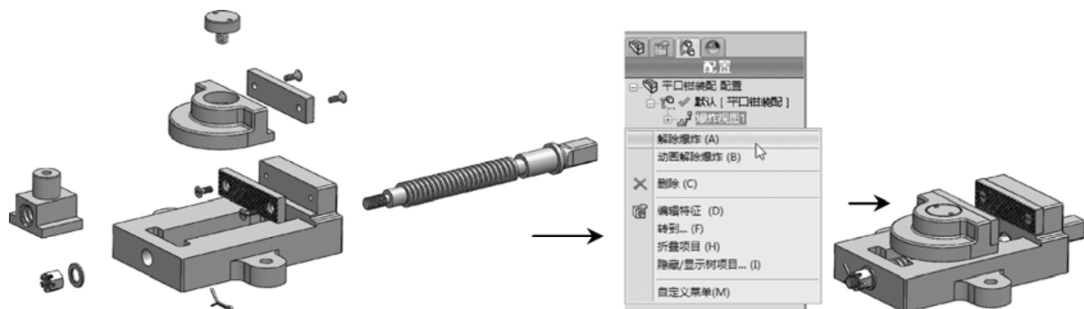


图 8-5　打开素材文件并取消爆炸状态

STEP 2 右击 SolidWorks 操作界面顶部的空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“MotionManager”菜单项（如底部已经显示出“运动算例”标签，则无需此操作），再在底部标签栏中单击“运动算例 1”标签，打开“运动算例”操控面板，如图 8-6 所示。

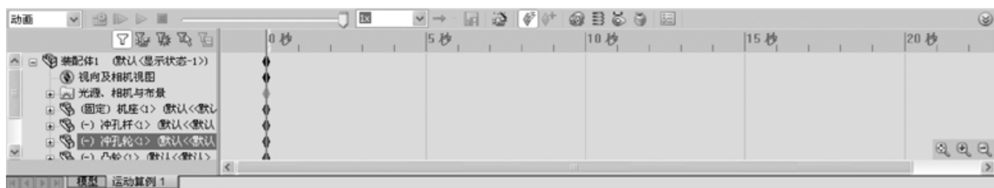


图 8-6　打开“运动算例”操控面板

STEP 3 在“运动算例”操控面板中单击“动画向导”按钮，在打开的“选择动画类型”对话框中选中“爆炸”单选按钮，并单击“下一步”按钮，设置动画长度为 12s，动画开始时间为 0s，单击“完成”按钮，即可完成爆炸动画的创建，如图 8-7 所示。

STEP 4 完成爆炸动画的创建后，在“运动算例”操作面板中单击“播放”按钮，可观看刚才创建的爆炸动画。

STEP 5 单击“动画向导”按钮，在打开的对话框中选中“解除爆炸”单选钮，然后单击“下一步”按钮，同样设置动画长度为 12s，设置动画的起始时间也为 12s，即可以创建解除爆炸的动画（在爆炸动画执行完毕后，会执行反操作）。



图 8-7　创建“爆炸”动画并进行播放操作





除了上面介绍的动画类型外，使用“动画向导”还可以创建如下两种动画（如图 8-7 左图所示，此处不能选的两个单选按钮）。

➢ 从基本运动输入运动：由于在“动画”类型的运动算例中很多效果无法模拟（如引力等），而在“基本运动”算例类型中对关键帧的操作又有一定的限制，所以使用此功能可以将运动算例中生成的动画导入到“动画”算例，以进行后续的帧频处理。

➢ 从 Motion 分析输入运动：同“从基本运动输入的运动”。

此外，在图 8-7 左图所示的对话框中，勾选“删除所有现有路径”复选框，可在创建新动画前，删除现有的所有动画（即将首先清除操控面板中的所有动画）。

8.2.3 保存动画

完成动画的制作后，单击运动算例“操控面板”中的“保存动画”按钮，打开“保存到视频文件”对话框，如图 8-8 所示，通过选择保存路径等，可将制作的动画保存为“AVI”视频文件。

然后即可以使用此视频文件向其他人或客户展示自己制作的作品了。

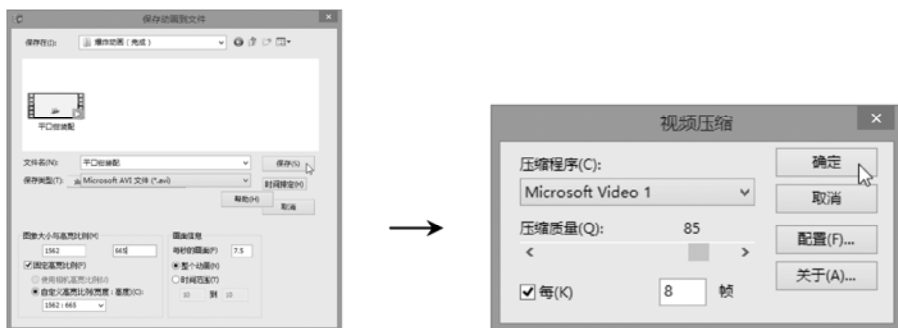


图 8-8　保存当前动画操作

在保存视频的过程中，如图 8-8 所示，可设置动画大小、生成动画的时间范围和动画格式，并可设置视频的压缩程序，以及压缩质量等，通常可保持系统默认设置，即可得到需要的动画效果（缩小视频区域时，需注意，视频被缩小后，可能令部分零件无法查看）。

实例精讲——“产品展示”动画模拟

本实例将讲述一个产品（三抓卡片）展示的动画，以复习前面学到的动作制作知识。该操作的目的，是想将产品的构造表达清楚。

【制作分析】

本实例将首先创建产品的爆炸视图，然后创建爆炸动画，再接着创建装配动画，最后创建旋转动画，三个动画顺次创建，并顺次播放，已达到完全展示零件的目的，如图 8-9 所示，下面讲解具体操作。

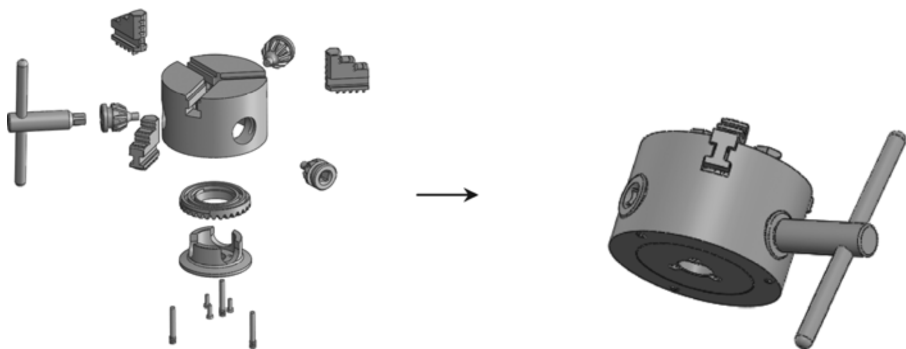


图 8-9　零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“卡盘装配.SLDASM”，首先单击“装配”工具栏中的“爆炸视图”按钮，通过数次选择移动的方式创建三抓卡盘的爆炸视图，如图 8-10 所示。在创建过程中，注意令零件尽量不要穿越，并尽量直线移动。

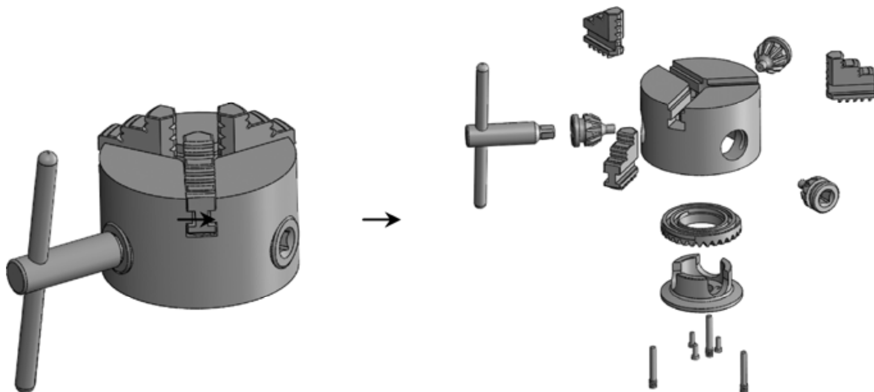


图 8-10　打开素材并创建爆炸视图操作

STEP 2 完成爆炸视图的创建后，单击底部“运动算例”标签切换到运动算例操作空间，在“运动算例”操控面板中单击“动画向导”按钮，然后顺次创建两段长度都为 13s 的爆炸动画和装配动画，如图 8-11 所示。

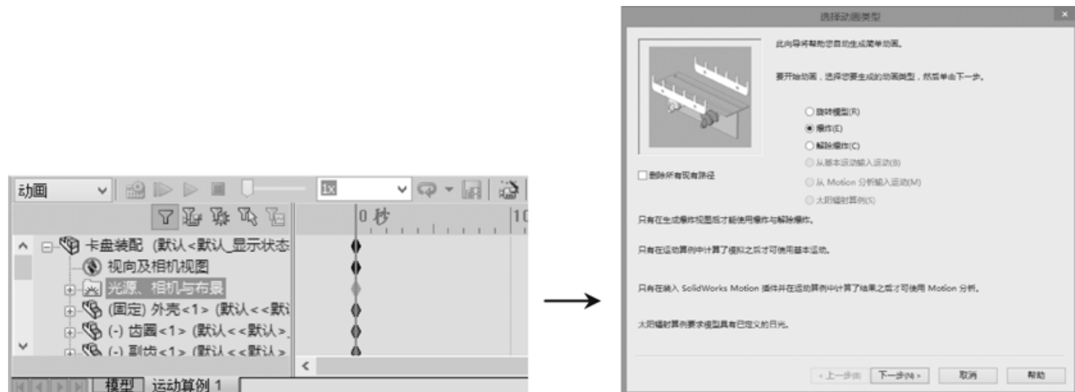


图 8-11　创建爆炸动画操作

STEP 3 单击“运动算例”操控面板中的“动画向导”按钮，打开“选择动画类型”对话框，并勾选“旋转模型”复选框，然后顺次操作（起始帧设置为 23s），创建“旋转动画”，如图 8-12 所示。

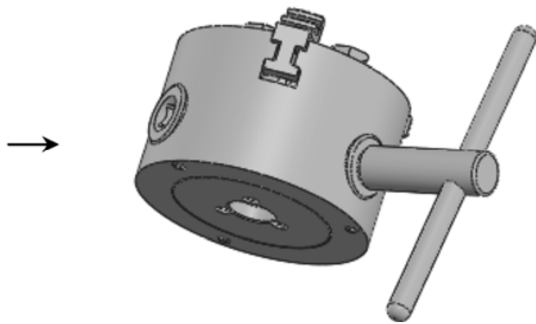



图 8-12　创建旋转动画操作

8.3 “手动”制作动画

8.2 讲述的动画操作都是通过向导创建动画的，虽然操作简单，也能实现一些动画效果，但是对于复杂一点的动画要求，就显得力不从心了，为此，读者有必要了解一些“手动”操作动画的技巧。如“动画帧”的手动调整，自动“补间动画”的生成，对象的显示隐藏动画，以及“马达”元素的添加等。

8.3.1 调整动画对象的起始方位

在创建动画的过程中，运动算例默认使用模型或装配体空间的视图位置或视图方向为运动算例第一个键码中模型的位置和视图方向，用户对其做的视向调节不会记录为键码，如需要改变动画第一帧的视图方向，或将视图方向的改变记录为键码，可执行如下操作。

右键单击运动算例设计树中的“视图及相机视图”项，在弹出的右键快捷菜单中选择“禁用观阅键码生成”菜单项（取消其选中状态），如图 8-13 所示，然后再调整视图方向时即可将对视图方向的更改记录为键码。

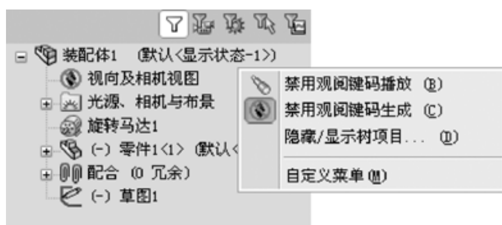


图 8-13　开启观阅键码操作

如在右键快捷菜单中选择“禁用视图键码播放”菜单项，那么在播放动画时将忽略视图方向的改变，如选择“隐藏/显示树项目”菜单项，则可在打开的“系统选项”对话框中设置设计树中可以显示的项目。





除了上面讲述的几种创建动画的方法外，单击“屏幕捕获”工具栏中的“录制视频”按钮，对当前界面的操作进行录制，再单击“装配体”工具栏中的“移动零部件”按钮，拖动零部件也可创建视频动画（此种方法较少采用）。

8.3.2 简单“关键帧”的调整

如果读者学过 Flash，那么一定接触过由矩形变圆形这样的动画制作。即首先在两个帧点处分别画一个矩形和一个圆，然后 Flash 将自动补充由矩形变成圆的中间动画过程。在 Flash 中，将这种动画称作“补间动画”，实际上在 SolidWorks 动画制作的过程中，也可以执行此类操作，具体如下。

打开本书提供的素材文件“夹具.SLDASM”，并切换到“动画算例”模式，然后在键码区中将当前键至于某个时间点（如 5s 处，单击即可），并保证“自动键码”按钮处于选中状态，然后手动拖动零件到某个位置，如图 8-14 所示，松开鼠标，系统将在当前时间点处自动添加键码，并创建补间动画（单击“播放”按钮可查看动画效果）。

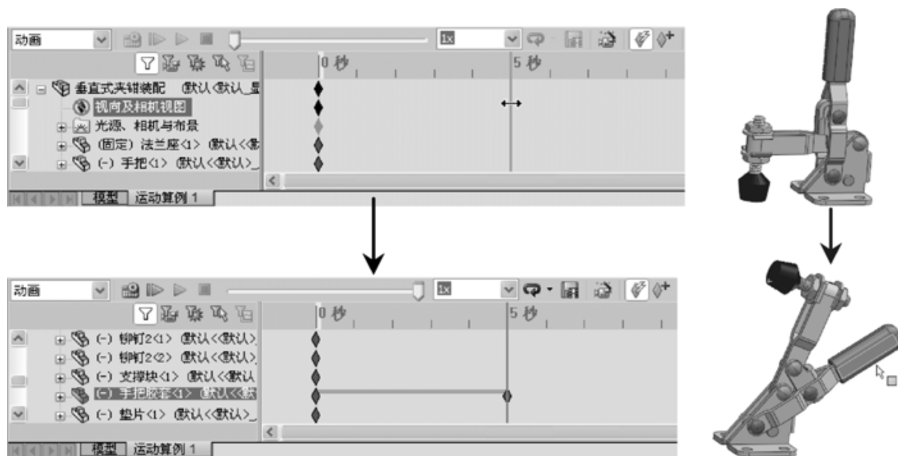


图 8-14　通过拖动零件创建动画

如想更加精确地控制零件的移动或旋转，则可在装配体的动画算例中右击“零部件”，在弹出的快捷菜单中选择“以三重轴移动”菜单项，将在操作界面中显示出用于移动零部件的三重轴，如图 8-15 所示，此时拖动三重轴的各个轴线或径向，对零部件进行操作即可。



右击三重轴坐标系的轴面或轴圈，可以在弹出的快捷菜单中选择更多的选项，以更加精确地定义零件偏移的值（如选择“显示旋转三角形 XYZ 框”菜单，可以在显示出的框中指定零件旋转的具体角度值）。

此外，对于此处定义的零件运动，需要所添加“配合”的允许范围内操作，否则所加操作将被忽略。

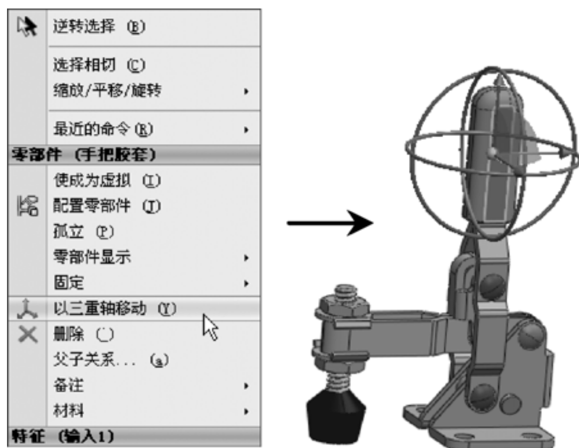


图 8-15　调出三重轴操作

8.3.3　对象的显示、隐藏和颜色变换动画

结合 8.3.1 节，在“禁用观阅键码生成”菜单项处于“选中”状态下，对模型的显示和隐藏操作，可以自动生产键码（所以此处不做过多讲述）。

但是对于颜色的变换，通过上述操作却不会自动生成键码，要令模型的颜色更改也被记录为键码，可在“自动键码”按钮处于选中状态下，首先将键码移动到需要记录键码的位置处，然后在左侧“算例树”中展开要更改颜色零件的算例树，右击“外观”项，选择“外观”菜单，在打开的“颜色”属性管理器中更改“模型”的外观，即可在需要的位置处自动生成键码，并同时生成颜色变换的动画，如图 8-16 所示。

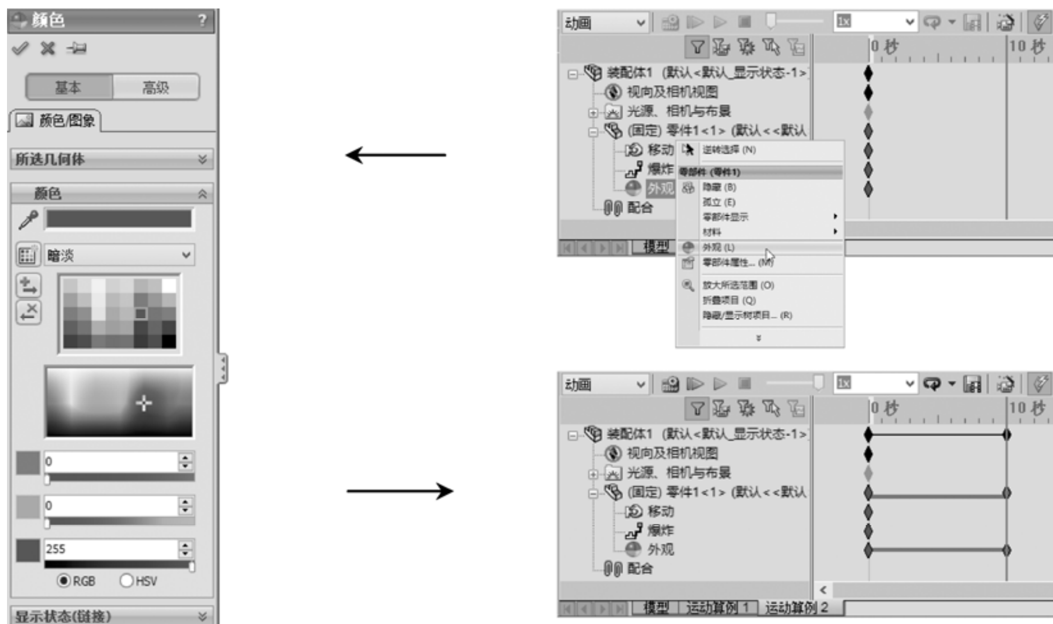
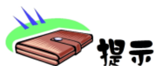


图 8-16　通过改变颜色生成动画操作



> 除了自动生成关键帧，实际上，右击动画“操控面板”右侧的时间条任意有对象对应的位置，选择“放置键码”菜单都可以在单击位置处插入键码。自动插入的关键键码，到前一个键码间将不产生“补间动画”，即两个键码间可能是瞬态变化的。

8.3.4 马达的添加和使用

“马达”可令被驱动的对象在“配合”允许的范围内做旋转运动、或做直线运动，操作时，可设置旋转的速度、或直线移动的速度。

单击动画算例“操控面板”工具栏的“马达”按钮，选择某个圆柱面等设置马达动力输出的位置，在“运动”卷展栏中设置马达的类型和速度，单击“确定”按钮，即可为选中对象添加默认 5s 驱动的马达动画。如果默认添加了马达与其他零件的“配合”关系，则可在配合允许的范围内，带动其他零部件运动，如图 8-17 所示。

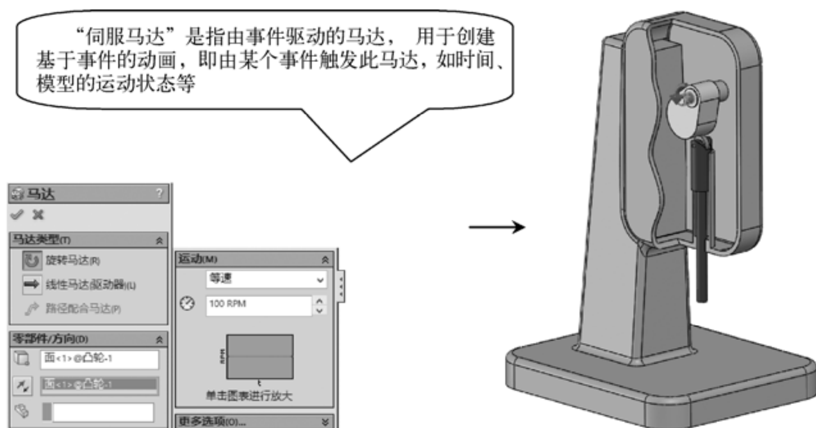


图 8-17 通过添加马达创建动画操作

添加马达后，可通过拖动“键码区”中马达对应的键码来加长或缩短马达运行的时间长度。此外默认添加的马达类型为“旋转”“等速”（100r/min，即 100 转/分）的马达，此外也可创建“线性马达”和“路径配合马达”，下面解释一下这三种马达类型。

- 旋转马达：绕某轴线旋转的马达，应尽量选择具有轴线的圆柱面、圆面等为马达的承载面，如选择边线为马达承载面，零件将绕边线旋转。此外，当马达位于活动的零部件上时，应设置马达相对移动的零部件。
- 线性马达：用于创建沿某方向直线驱动的马达，相当于在某零部件上添加了一台不会拐弯的发动机，其单位默认为“mm/s”。
- 路径配合马达：此马达只在“Motion 动画”算例中有效，在使用前需要添加零件到路径的“路径配合”配合，而在添加马达时则需要在“马达”属性管理器中的添加此配合关系为马达位置。

此外，在“马达”属性管理器的“运动”卷展栏中可以设置等速、距离等多种马达类型，

如图 8-17 左图所示，下面再集中解释一下这些马达类型的有何不同：

- 等速：设置等速运动的马达，如转/分（r/min）或 mm/s。
- 距离：设置在某段时间内，马达驱动零部件转多少度或运行多少距离。
- 振荡：设置零部件以某频率，在某个角度范围内或距离内振荡。
- 线段：选中此选项后，可打开一对话框，在此对话框中可添加多个时间段，并设置在每个时间段中零件的运行距离或运行速度。
- 数据点：与“线段”的作用基本相同，只是此项用于设置某个时间点处的零件运行速度或位移。
- 表达式：通过添加“表达式”可设置零件在运动过程中变形，也可设置零部件间的相互关系等（其方法与软件开发非常类似，可在函数中引用其他零部件的某个“尺寸值”，此尺寸值位于此零部件某“尺寸”属性管理器的主要值卷展栏中）。
- 从文件装入函数和删除函数：用于导入函数或删除函数。

实例精讲——“挖掘机”动画模拟

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计挖掘机模型挖掘动画的操作，主要包括挖掘和放下物体两个动作。在操作的过程中，应着重注意“线段”类型“马达”的添加和使用。

【制作分析】

挖土机的挖掘臂共有 3 个液压缸，底部的缸体用于控制挖掘臂的升降，顶部的两个挖掘臂用于形成挖掘操作，本节使用 3 个直线类型的“马达”分别模拟这三个液压缸推动或伸缩，如图 8-18 所示，下面看一下相关操作。

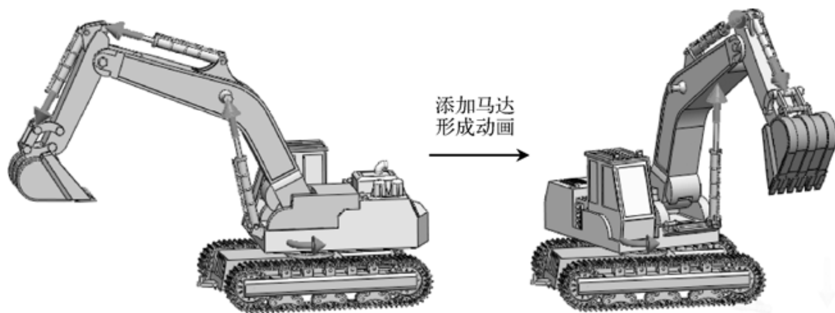


图 8-18　通过添加马达创建动画操作

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“挖土机总装.SLDASM”，并单击底部的“运动算例 1”标签打开运动算例操作面板。

STEP 2 单击操控面板工具栏中的“马达”按钮，选择操作台底部的圆柱面作为马达位置，选择“底座装配”为马达“要相对移动的零部件”，如图 8-19 左侧两图所示，然后在“运动”卷展栏的下拉列表框中选择“线段”下拉列表项，在打开的“函数编辑程序”对话框中输入图 8-19 右图所示数据，添加一旋转马达。

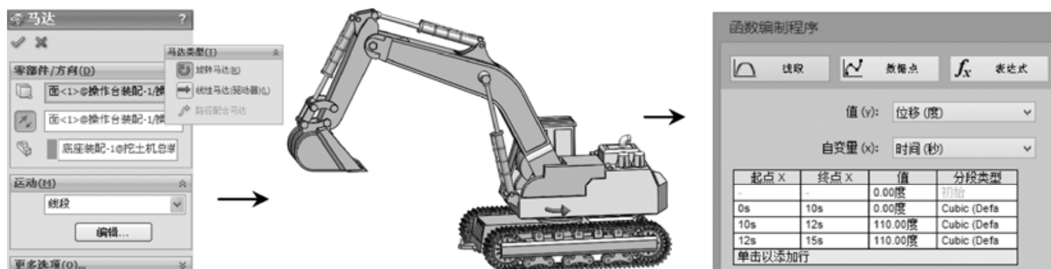


图 8-19 添加旋转马达并定义马达线段操作

STEP 3 同 STEP 2 的操作，单击“马达”按钮，选择支撑“动臂”的一个“活塞”，“要相对移动的零部件”选择其下部的“活塞缸”，然后输入“线段”运动类型的相关数据，如图 8-20 所示。

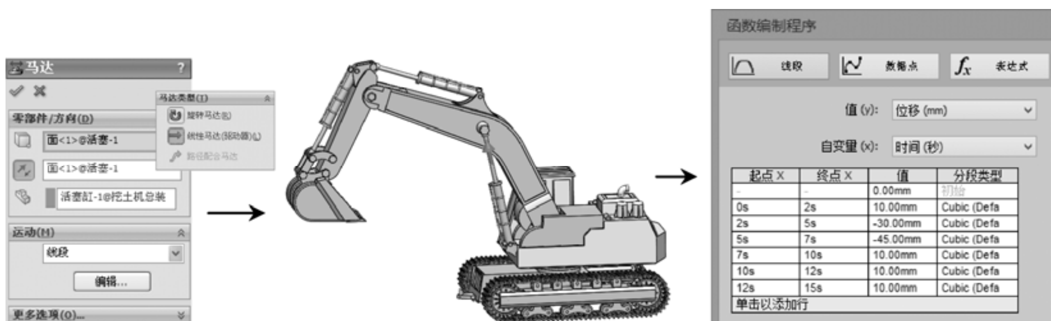


图 8-20 添加第一个直线马达并设置马达线段操作

STEP 4 同 STEP 3 的操作，添加“动臂”上部“活塞”的直线马达，如图 8-21 所示，并按照图 8-21 右图所示设置马达的线段参数。

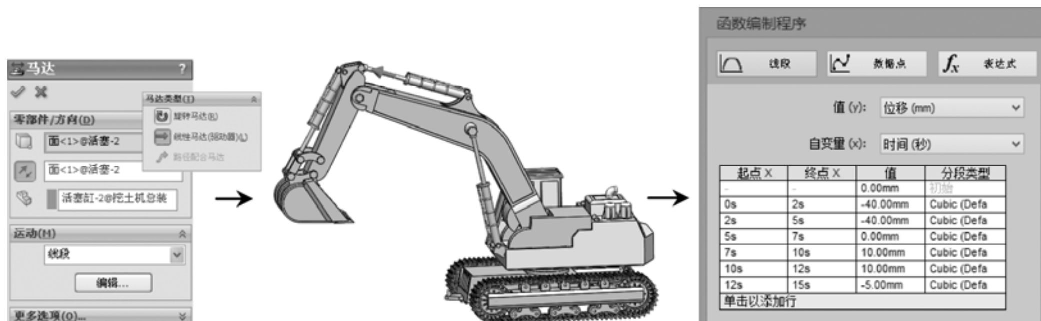


图 8-21 添加第二个直线马达并设置马达线段操作

STEP 5 同 STEP 3 的操作，添加驱动“挖斗”的“活塞”的直线马达，“要相对移动的零部件”同样选择与其相连的“活塞缸”，如图 8-22 所示，并按照图 8-22 右图所示设置马达的线段参数。完成全部操作，单击“播放”按钮，可查看动画效果。

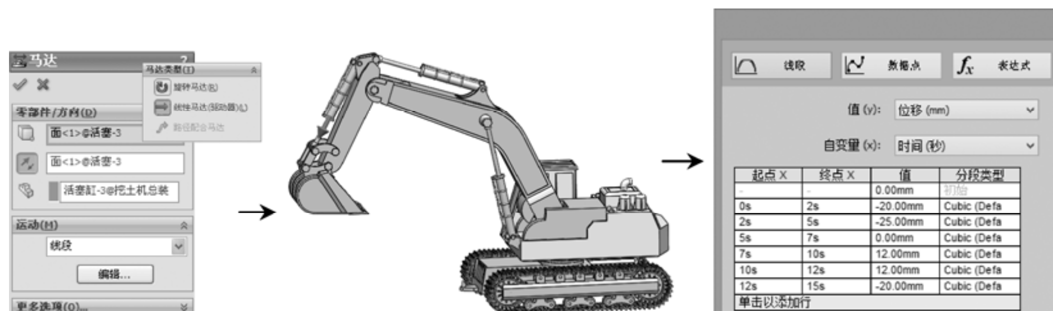


图 8-22　添加第三个直线马达并设置马达线段操作

8.4　复杂动画制作

除了上面这些动画的创建之外，还可以创建更多的复杂动画，如路径动画、相机动画、齿轮动画等，以及方程式驱动的动画，下面看一下相关操作。

8.4.1　路径动画

可以令目标对象顺着某条绘制好的路径移动，以形成路径动画，下面讲解具体的操作。

STEP 1 在装配环境中，首先装配一个平板，然后绘制一条样条曲线，再导入一个带有中心“点”的球，然后定义球的中心点和样条曲线之间的“重合”配合关系，如图 8-23 所示。

STEP 2 添加“配合”定义球中心点与样条曲线之间的距离为 10，如图 8-24 所示。

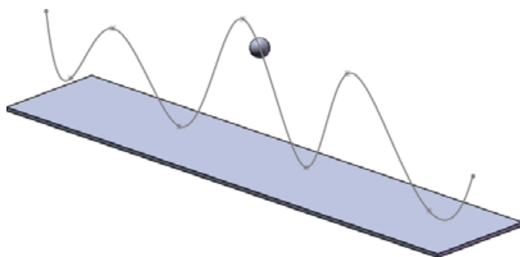


图 8-23　导入零件并定义“重合”配合关系

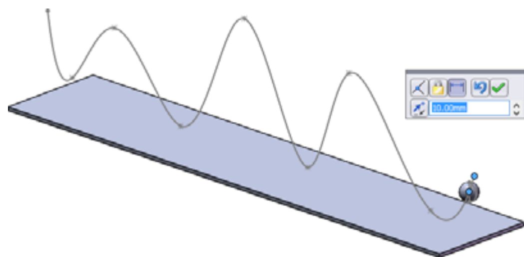


图 8-24　定义“距离”配合关系

STEP 3 单击底部的“运动算例 1”标签打开“运动算例”操作面板，再将“当前时间点”至于 2s 处，编辑“距离”配合，定义此时间点处的距离为 290，如图 8-25 所示，完成操作。

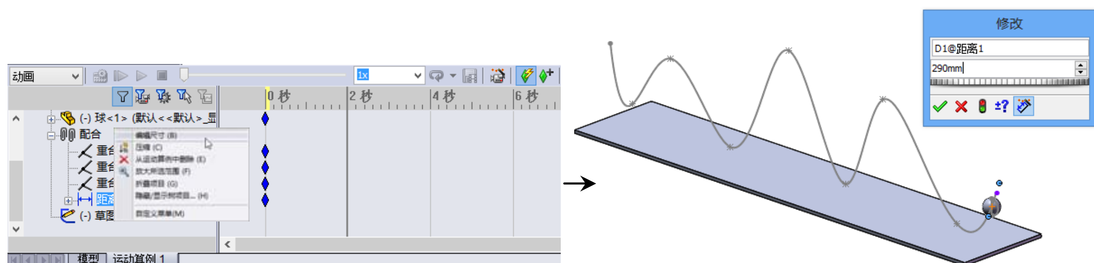


图 8-25　新时间点处重新定义“距离”配合操作

STEP 4 如图 8-26 左图所示，系统自动生成了补间动画，然后将“样条曲线”隐藏，再单击“播放”按钮，即可查看路径动画效果了，如图 8-26 右图所示，（有些像是小球的跳动）。

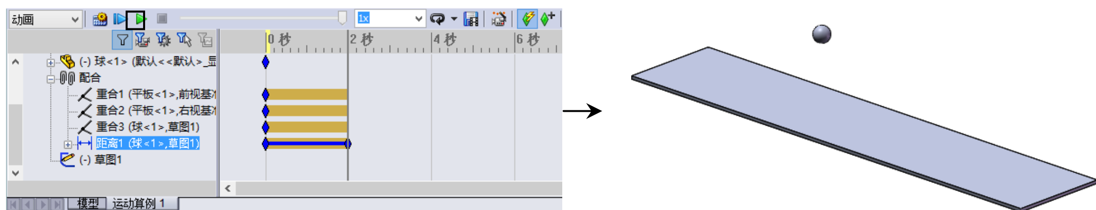


图 8-26　生产的动画和播放效果瞬时图

8.4.2 相机动画

将相机固定在某个参照物上，然后令参照物运动，即可生成相机动画，下面讲解具体操作。

STEP 1 首先打开本书提供的素材文件“宿舍装配.SLDASM”，然后首先创建一个距离底部窗框 60 的基准面，再在基准面中绘制一条样条曲线，如图 8-27 所示。

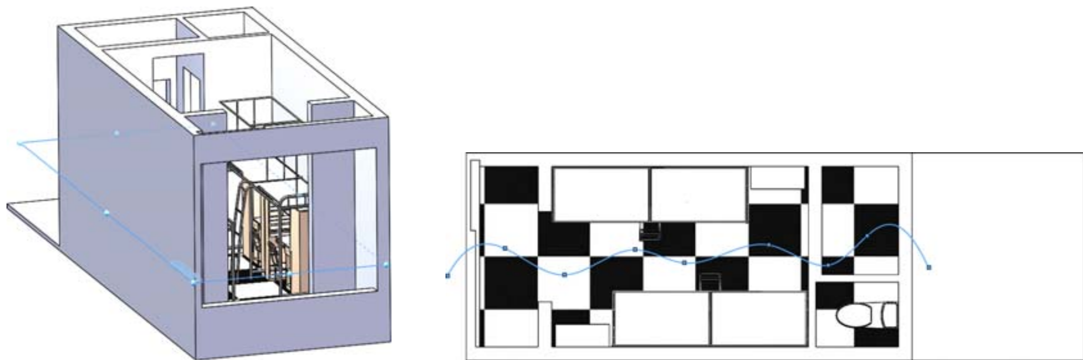


图 8-27　创建基准面并绘制样条曲线

STEP 2 导入“辅助块. SLDPRT”文件，然后选中此块底部一条边线的中点和绘制的样条曲线，为其定义约束为“路径配合”，如图 8-28 所示（应注意设置“随路径变化”——X 轴的“偏航控制”关系）。

STEP 3 设置相同的点，到宿舍最前端外部面的“距离”配合为 900，如图 8-29 所示（如辅助块的中点无法被选中，可将样条曲线暂时隐藏）。

STEP 4 选中“辅助块”的上表面，设置与窗户底部窗框的“平行”配合关系，如图 8-30 所示。

STEP 5 “编辑”相机，设置其目标位置为“辅助块”上表面的前端中点，设置“相机位置”为“辅助块”上表面的后部中点，如图 8-31 所示。

STEP 6 将当前视图设置为相机视图，然后切换到“运动算例”环境，将当前帧移动到 10s 位置处，然后修改“距离 10”配合的大小为 100，如图 8-32 所示。完成操作后，系统将

生成动画，单击“播放”按钮进行播放即可。

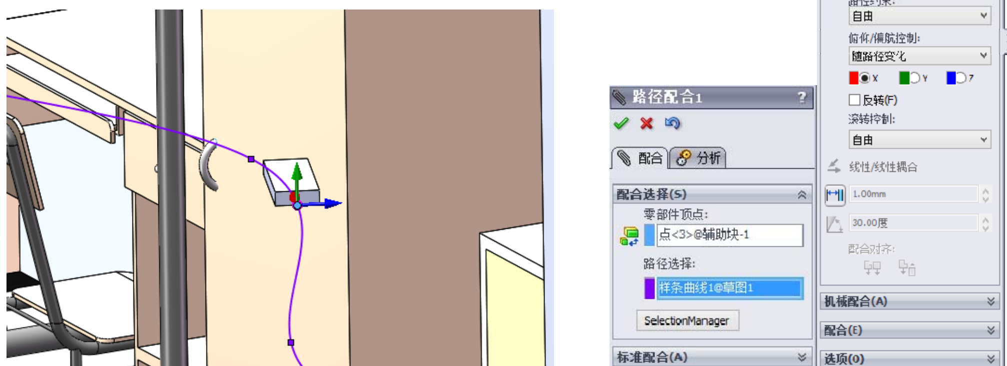


图 8-28　设置路径配合约束

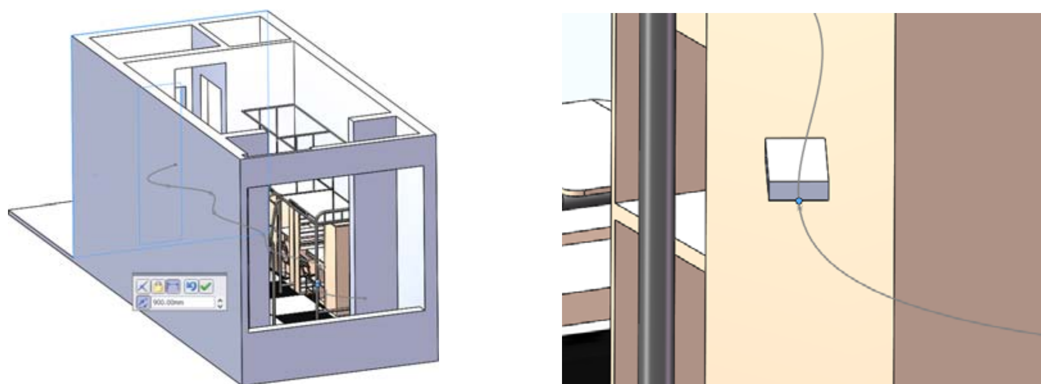


图 8-29　设置距离约束

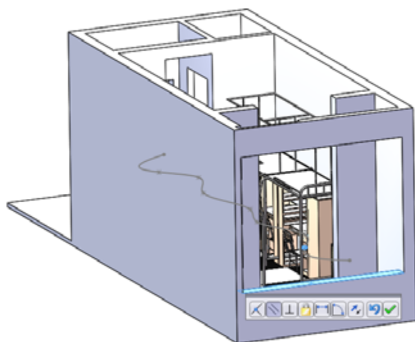


图 8-30　设置平行约束

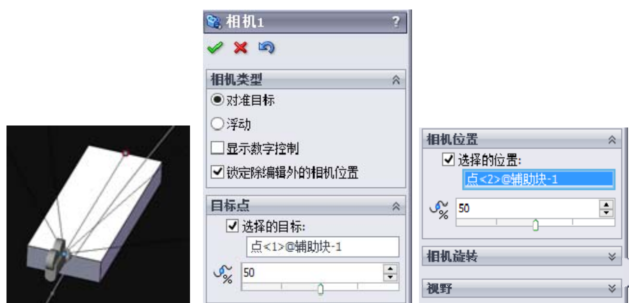


图 8-31　定义相机位置

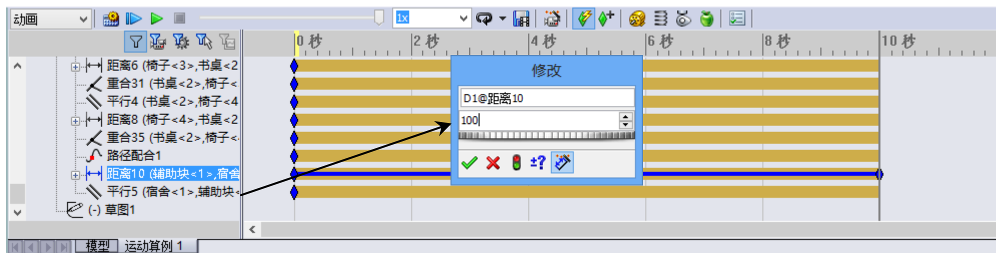


图 8-32 修改“距离”约束生成动画

8.4.3 齿轮动画

齿轮动画的关键不在动画的创建，而在于“配合”条件的添加。如图 8-33 所示，打开素材文件“齿轮动画.SLDASM”（已定义了齿轮的轴向配合），首先定义两个齿轮间的齿轮配合关系，相同的比率决定了两个此轮转速相同；然后定义一个齿轮与齿条的“齿条小齿轮配合”配合，如图 8-34 所示；最后为齿条添加一个“直线马达”（作为驱动），即可得到齿轮动画了。

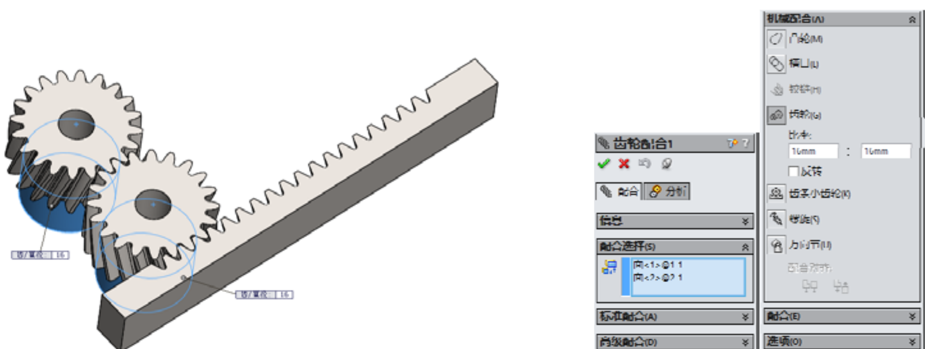


图 8-33 “齿轮配合”配合的添加

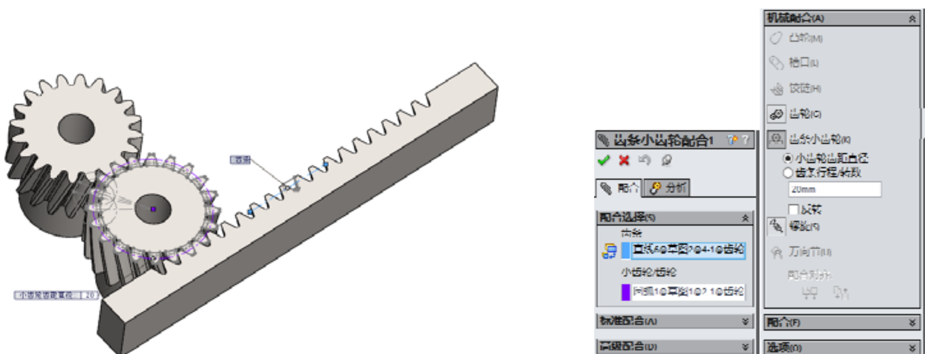


图 8-34 “齿条小齿轮配合”配合的添加

8.4.4 带轮动画

带轮动画的关键，同样也在于“配合”条件的添加，下面讲解具体操作。

STEP 1 如图 8-35 所示，打开素材文件“带轮动画.SLDASM”后（已为带轮轴定义了配合），选择“插入”>“装配体特征”>“皮带/链”菜单，选择两个带轮的内侧面，添加一个“皮带/链”特征（实际上就是生成了一条线）。



图 8-35　添加“皮带/链”特征

STEP 2 编辑“皮带/链”特征包含的实体特征，选择一面（或创建基准面）绘制带轮的横截面，然后使用扫描特征创建带轮实体，如图 8-36 所示。

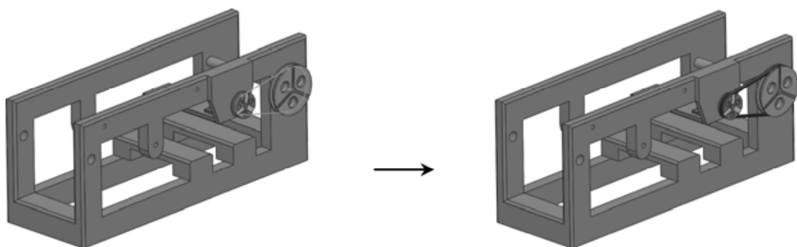


图 8-36　创建“皮带”实体

STEP 3 最后切换到“运动算例”操控面板，为一个带轮添加一旋转马达，即可完成带轮动画的创建，如图 8-37 所示。单击“播放”按钮即可播放带轮动画。

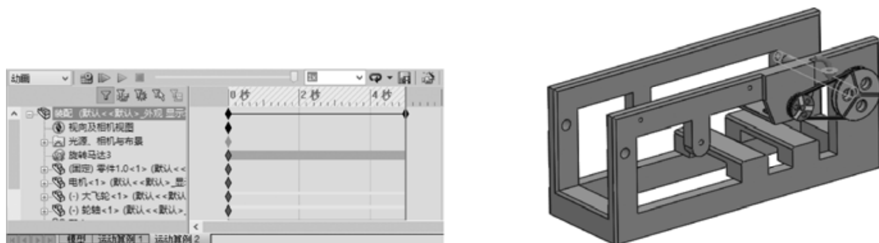


图 8-37　添加“旋转”马达创建“带轮”动画

8.4.5 “拧螺钉”动画

“拧螺钉”动画，需要添加一“螺旋”配合，如图 8-38 左图所示，然后为旋转的部分添加“旋转马达”，即可实现“拧螺钉”动画，如图 8-38 右图所示。

“螺旋”配合中，“圈数/mm”表示移动一毫米的距离需要旋转多少圈，“距离/圈数”表示旋转一圈，旋转的部分相对于另外一部分移动的距离。

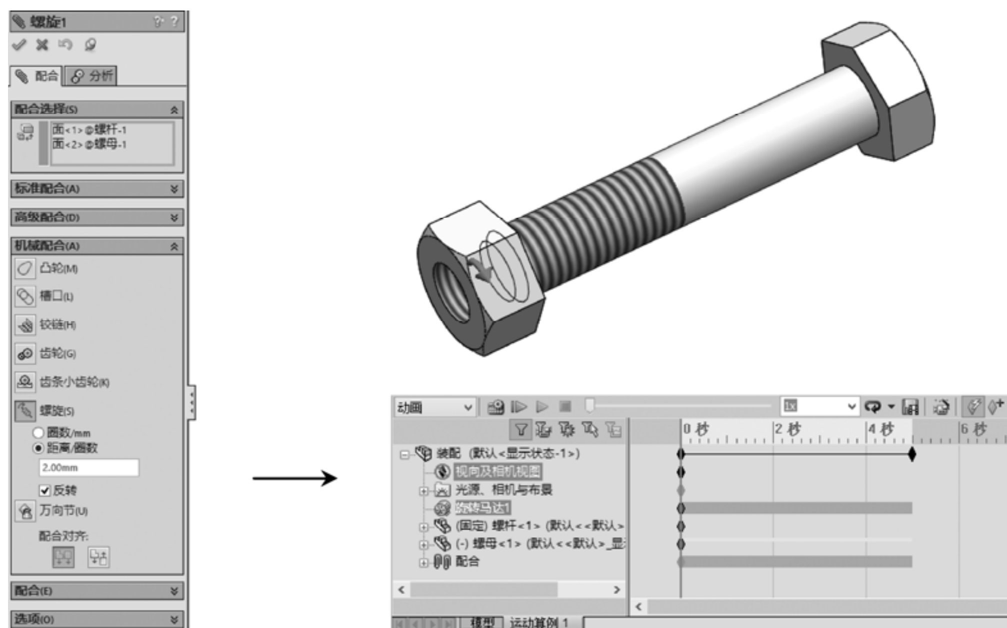


图 8-38 “拧螺钉”动画的操作

8.4.6 参数关联动画

所谓“参数关联”，即在装配体中参照已导入的零件直接创建新零件。由于新创建的零件参照了其余零件的一些位置信息等，所以完成操作后，当被参照的零件位置发生变化时，所创建的零件也会发生相应的改变，从而生成动画。下面讲解操作。

STEP 1 如图 8-39 所示，首先创建装配体文件，然后导入本书提供的素材文件（相应的文件夹下），再定义所导入的两个素材文件的配合关系，除了一些“重合”“平行”配合外，应重点定义另个顶点的“距离”配合，大小为 30。

STEP 2 单击“装配体”工具栏中的“新零件”按钮，选择“台子”的侧面创建零件，如图 8-40 所示，直接进入此面的草绘模式，然后按图 8-41 所示绘制草图，并添加必要的约束，然后退出草绘模式。

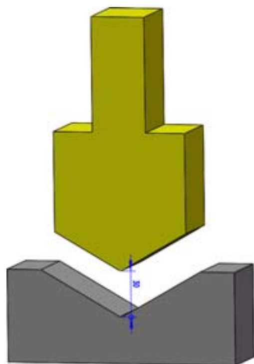
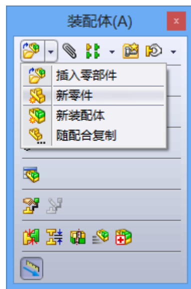


图 8-39 导入素材文件并定义配合



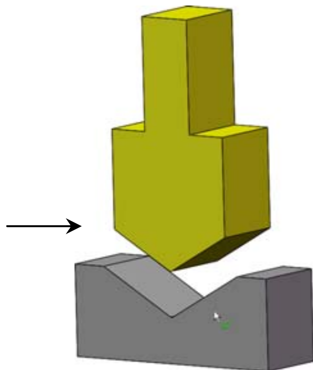
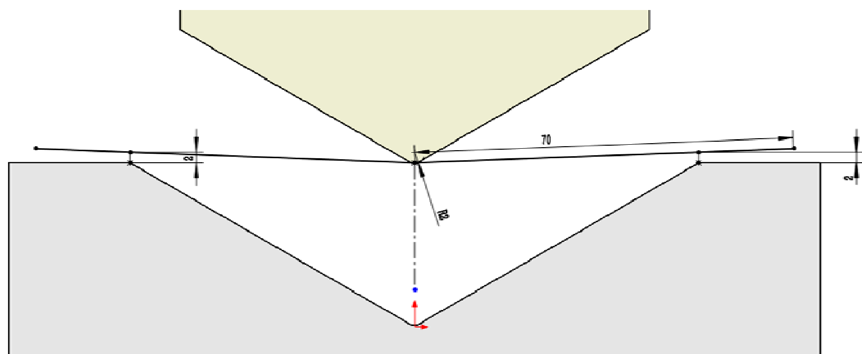


图 8-40 创建新文件并选择面



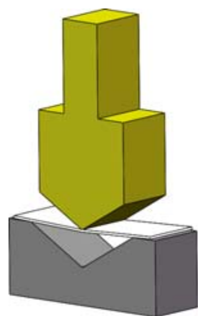
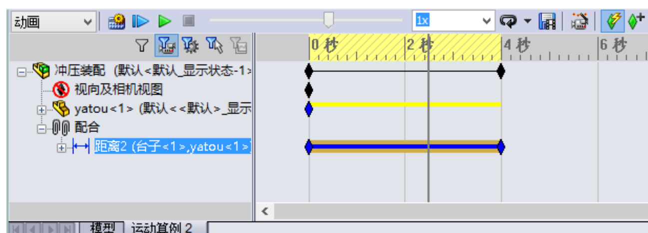


图 8-41　绘制草图　　　　　　　　　　　　图 8-42　创建拉伸实体

STEP 3 使用 STEP 2 绘制的草图创建一厚度为 2 的拉伸实体（宽度与“台子”相同），然后进入“运动算例”环境，将当前帧至于 4s 处，然后设置 STEP 1 中的“距离”配合为 2，完成动画的创建，播放即可查看动画效果，如图 8-43 所示。



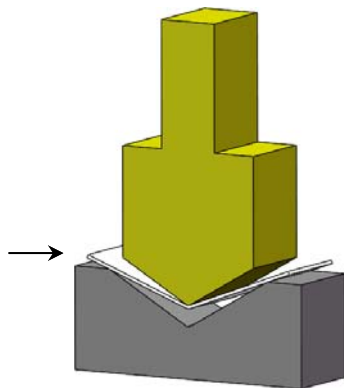


图 8-43　创建动画

8.4.7　“方程式”动画

可以使用“方程式”将装配体中不同零件上的参数连接起来，以模拟更多的动画效果，操作如下。

STEP 1 打开本书提供的素材文件，右击要设置方程式的模型的“注解”项，选择“显示特征尺寸”菜单，显示出要设置方程式的尺寸，如图 8-44 所示。

STEP 2 选择“工具”>“方程式”菜单，打开“方程式******”对话框，将光标置于“方程式 • 零部件”栏，然后单击 R30 尺寸，设置其数值为“= 20 + "D1@距离 1" * 2”，然后重新生产动画，播放动画即可见到需要的效果，如图 8-45 所示。

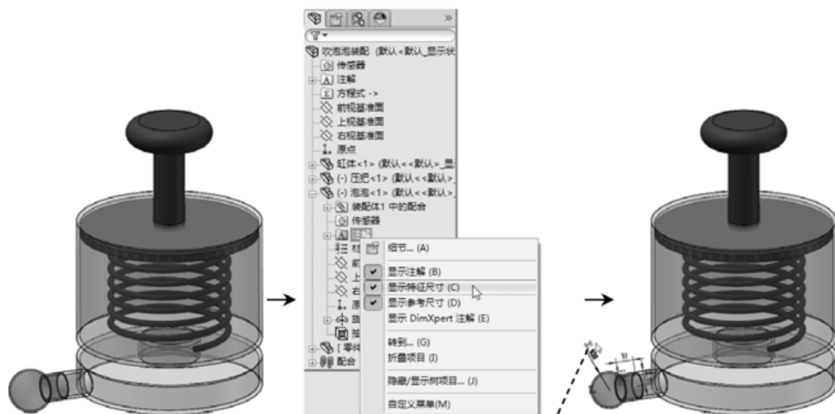


图 8-44　显示特征尺寸



图 8-45　添加方程式操作

实例精讲——“滑轮吊物”动画模拟

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计“滑轮吊物”动画的操作，就是通过拉滑轮一端的绳子令另外一端的重物升起，这里有一些技巧是读者有必要掌握的。

【制作分析】

本实例的操作重点在于添加了两个“齿条小齿轮配合”配合，然后添加了一个装配环境下的“拉伸切除”操作，如图 8-46 所示，下面讲解具体操作。

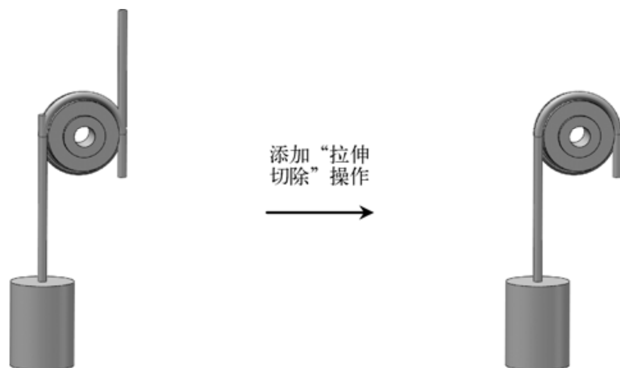


图 8-46　“滑轮吊物”动画的关键点

【制作步骤】

STEP 1 新建“装配”文件，然后导入本书提供的多个素材文件，并进行基本的装配，效果如图 8-46 左图所示。

STEP 2 添加“轮子”和“长线”间的两个“齿条小齿轮配合”配合，如图 8-47 所示，设置每个转数的大小都为 30，只是方向相反。

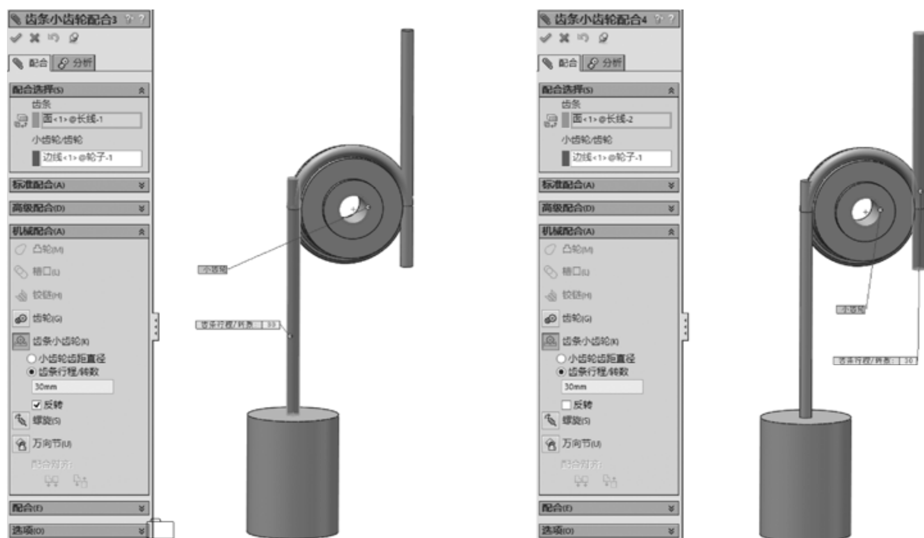


图 8-47　添加两个“齿条小齿轮配合”配合

STEP 3 在“装配”环境下捕捉“绳子”的下端面，执行“完全贯穿”的“拉伸切除”操作，如图 8-48 所示（设置只对“长线”对象执行拉伸切除操作）。

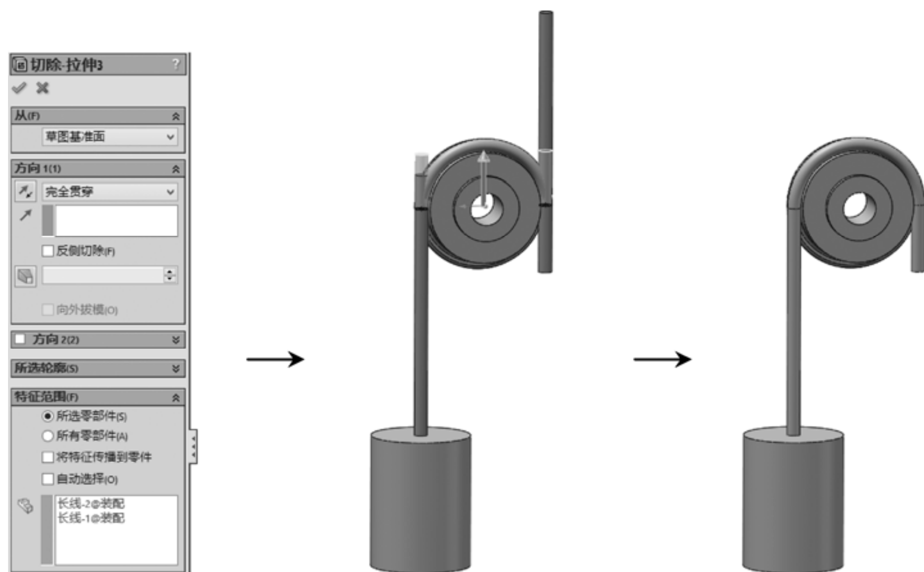


图 8-48　创建“拉伸切除”特征

STEP 4 切换到“运动算例”操控面板，然后将当前帧至于 4s 位置处，然后直接拖动右

侧的“长线”，如图 8-49 所示，即可生成动画，“播放”可看到动画效果。

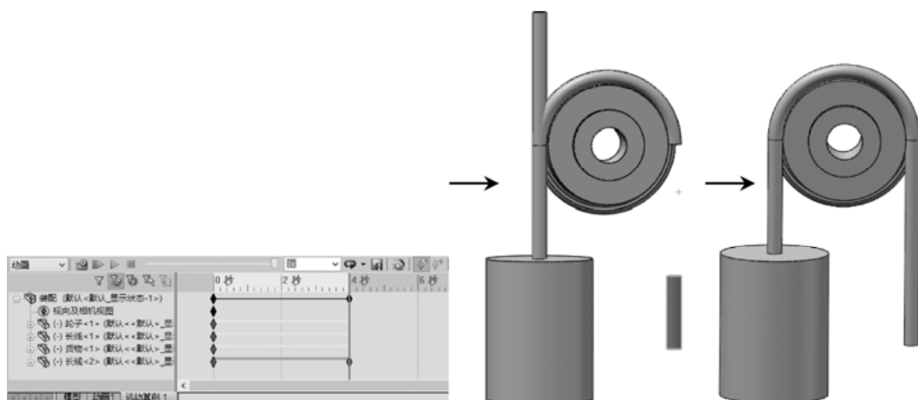


图 8-49　创建动画

实例精讲——“仿真弹簧”动画模拟

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计“仿真弹簧”动画的操作，主要目的是实现“弹簧被压缩”的效果。

【制作分析】

本实例操作过程中主要用到“参数关联”和“扫描”操作，也是读者需要注意的，下面讲解相关操作。

【制作步骤】

STEP 1 新建“装配”文件，然后导入本书提供的素材文件“挡板.SLDPRT”（两次），并进行装配，效果如图 8-50 所示。

STEP 2 在装配环境下，直接单击“装配”工具栏中的“新零件”按钮，创建与两个“挡板”相关联的草图，再使用“扫描”特征创建出弹簧零件，如图 8-51 所示（弹簧截面的直径为 7）。

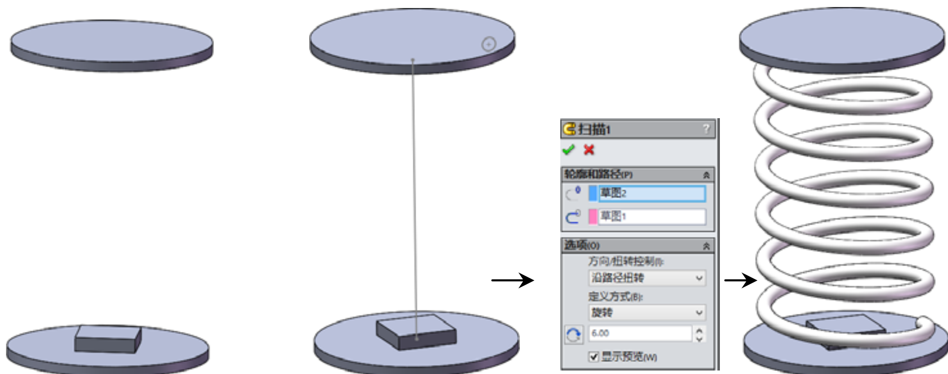


图 8-50　导入素材文件　　图 8-51　创建弹簧文件

STEP 3 添加两个“挡板”间的“距离”配合，所添加的距离为 150，如图 8-52 所示。

STEP 4 切换到“运动算例”操控面板，将当前帧移动到 5s 处，编辑上面添加的“距离”配合，大小设置为 80，系统将生成动画，完成操作，如图 8-53 所示。然后单击“播放”按钮即可见到弹簧压缩的动画效果。

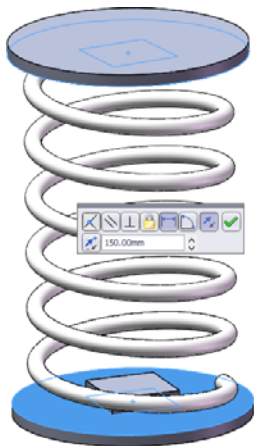
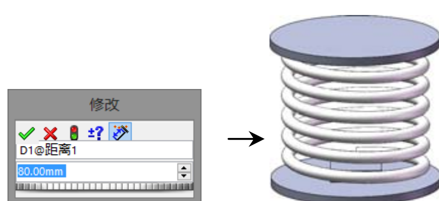


图 8-52　定义面间的距离



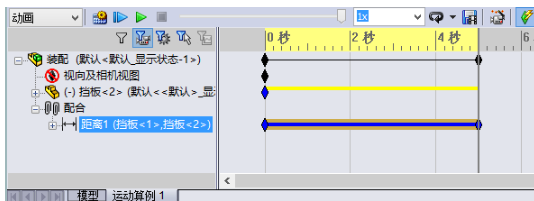


图 8-53　通过修改“距离”配合生成动画

8.5　本章小结

本章主要讲述了在 SolidWorks 中创建动画的相关知识，其中顺序讲述了使用“动画向导”手动创建动画和复杂动画的创建，其中“动画向导”较为简单，也较为常用，可首先重点掌握，其余内容在需要时进行了解即可（或可根据兴趣，对相关内容进行学习）。

8.6　思考与练习

一、填空题

（1）右击 SolidWorks 操作界面顶部空白区域，在弹出的快捷菜单中选择__________菜单项，然后在底部标签栏中单击__________标签可调出运动算例操作面板。

（2）要使用“Motion 分析”动画类型，需要在顶部选项下拉列表中选择“插件”项，并在打开的对话框中，启用__________插件。

（3）进行了装配并创建了__________的装配文件，可以使用动画向导创建爆炸动画。

（4）“马达”可令被驱动的对象，在“配合”允许的范围内，做__________，或做__________。

（5）所谓__________，即是在装配体中，参照已导入的零件，直接创建新零件。

二、问答题

（1）设计树上部的“过滤器”按钮有何作用？请举例说明。

（2）什么是“旋转零件动画”？试简述其定义。

（3）如需要改变动画第一帧的视图方向，需如何操作？

（4）如何令对象颜色的更改被记录为动画？试简述其操作。

三、操作题

（1）本操作题使用与前面实例相同的素材，如图 8-54 所示，打开本书提供的素材文件“三爪卡盘.SLDASM”，然后尝试创建“三抓卡盘”旋转的动画操作。

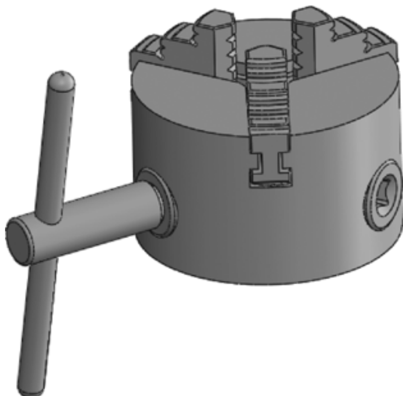


图 8-54 “三爪卡盘”素材文件



此操作题可主要用到“齿条小齿轮配合”配合（旋转某部分后，相关部分直线运动，需要添加多个），和“齿轮配合”配合（啮合，同样需添加多个），然后添加一个“旋转马达”即可实现需要的动画效果。

（2）新建装配体文件，如图 8-55 所示，使用本章所学的知识实现“手风琴”动画效果。

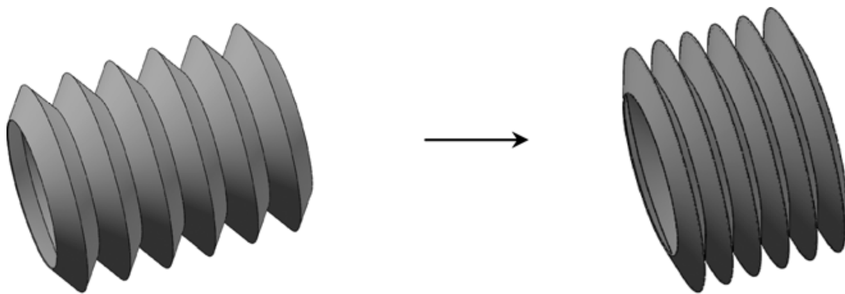


图 8-55 手风琴动画效果



选择“参数关联”即可，与弹簧动画的创建类似。

第 9 章　动力学及运动模拟分析

本章要点

- 基本运动和 Motion
- 动力学对象
- 运动模拟分析

学习目标

上一章讲述了运动算例中的“动画”功能，本章将讲述运动算例中“基本运动”和 Motion 的作用和使用方法。“基本运动”和 Motion 比“动画”功能要更强一些，除了马达，还提供了一些新的动画对象，如弹簧、引力等，其考虑的因素也要多一些，并且可对动画进行分析（上一章讲述的所有“动画”功能，本章仍然适用）。

9.1　基本运动和 Motion

上一章讲述的“动画”功能是“运动算例”的一个基础功能模块，它主要是用于实现“动画”的创建，即为了“动画”而创建动画，不考虑模型本身可能具有的任何物理因素（如模型间不可穿越，模型的质量等都不会被考虑），这点与 3ds max 等动画软件是相通的。

此外，“运动算例”还提供了其余两种功能模块，“基本运动”和 Motion，这两个功能模块都考虑了对象本身应该具有的一些物理因素，更加贴近实际，如图 9-1 所示。

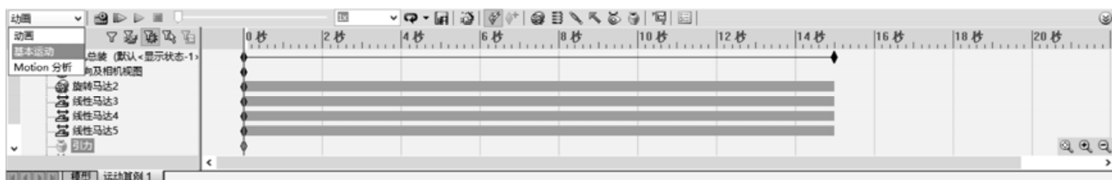


图 9-1　在“运动算例”操控面板中启用“基本运动”和 Motion 的方法

其中，“基本运动”功能模块除“马达”外，还提供了“弹簧”“接触”和“引力”3 种动力学对象，计算时会考虑产品质量。但是“基本运动”不会全盘考虑现实中存在的各个物理量，也不会产生分析结果，所以也可以理解为是在“动画”的基础上，添加了一些物理因素，但不是完全模拟物理环境。

Motion 可以理解为对运动物理环境的完全模拟，除了“基本运动”中的增加的 3 个动力学对象，也增加了“阻尼”和“力”两个动力学对象，并且可以采用图解的方式查看运动分析结果，以及进行运动过程中的有限元分析等，可用于查看各元件运动过程中的受力状况等

（关于有限元分析，详见下一章的讲述），将考虑物体惯性等因素，此时将物理因素设置的越全面，考虑越周到，则更容易实现需要的动画效果。





在“基本运动”运算时，比 Motion 要快，但是在何时使用“基本运动”不好把握，容易出现错误，所以在模型不是很复杂时，推荐使用 Motion 进行模拟（本章也将主要以 Motion 为动画模拟环境）。

此外，本文上一章提过“Motion 分析”是以插件的形式出现的，使用时需启用“SolidWorks Motion”插件。

9.2 动力学对象

本节介绍在“基本运动”或 Motion 中会用到的一些动力学对象，讲述在动画过程中它们的主要作用和使用方法，具体如下。

9.2.1 接触

当需要避免两个或多个零部件间互相穿越的发生，可以为其添加“接触”模拟元素。添加“接触”元素后，零件运行过程中如产生碰撞，将带动被碰撞的物体一起运动，如图 9-2 所示。

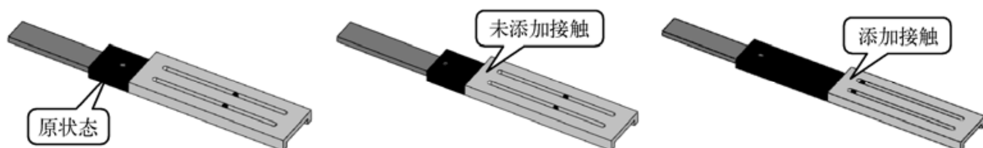


图 9-2 添加零部件“接触”模拟元素的效果

“接触”模拟元素在“基本运动”算例类型中可设置的元素非常少，如图 9-3 所示，在操作时只需选择要设置互相接触的零部件即可（如勾选“使用接触组”复选框，可在两个组间添加接触，此时相同组间的接触被忽略）。



图 9-3 “基本运动”算例类型中的“接触”属性管理器

在 Motion 中，“接触”可设置更多参数，如图 9-4 所示，具体介绍如下：

- “曲线”按钮：单击此按钮后，可以设置两条曲线或零件边线间具有接触特点。
- “材料”卷展栏：可以选择零部件表面的材料特点，进而通过材料特点自动设置零件表面的摩擦系数，如需要自定义摩擦系数，需要取消“材料”卷展栏的选择状态。
- “弹性属性”卷展栏：可以定义零件受到冲击的弹性系数等参数。



图 9-4 “Motion 动画”算例类型中的“接触”属性管理器



> 为避免不必要的运算时间，添加“接触”的零部件应尽量的少，如必须添加“接触”，则应尽量使用“接触组”定义零件间的接触关系。

9.2.2 引力

单击操控面板工具栏中的“引力”按钮，使用当前坐标系的某个轴线为引力方向，或选择某个参考面定义引力的方向，输入引力值可以为当前装配体添加“引力”模拟元素，如图 9-5 所示。



> 在定义引力时，有以下两项需要注意：一是一个装配体中只能定义一个引力；二是马达的运动优先于引力的作用（实际上马达代表一个无限大的作用力，所以在使用马达仿真时，即使零件碰到了“接触”的物品，仍然会保持其原有运动）。



图 9-5 引力属性管理器

9.2.3 弹簧

单击操控面板工具栏中的“弹簧”按钮，打开“弹簧”属性管理器，选择弹簧的作用位置，并设置弹簧参数，可以在作用位置间模拟弹簧，如图 9-6 所示。

系统默认添加的为“线性弹簧”，也可在“弹簧”属性管理器中单击“扭转弹簧”按钮以添加“扭转弹簧”。添加扭转弹簧时，只需选择被扭转零部件（活动零部件）的一个面或边线，以确定扭转方向，并设置弹簧参数即可，如图 9-7 所示为扭转弹簧实物图。

此外在添加“弹簧”模拟元素时，可以对弹簧常数等很多参数进行设置，这里集中解释如下：

- 弹簧力表达式指数：弹簧的伸缩力通常呈线性变化，即指数为 1，也有呈高阶变化的非线性弹簧。指数越高，弹簧长度的微小变化产生的反作用力越大、越迅速。
- 弹簧常数：弹簧受外力变形时，每增加或较少 1cm 的负荷，此值越大，表示弹簧强度

越强。





图 9-6　弹簧属性管理器和弹簧的显示效果　　　　图 9-7　扭转弹簧

- ➢ 自由长度：弹簧不受外力时的长度。
- ➢ 随模型更改而更新：选中此单选按钮后，如弹簧端点面处的模型进行了更新，此数值将自动进行相应调整，否则在模型更新后，此值保持不变。
- ➢ 阻尼：此卷展栏用于设置弹簧的阻尼，阻尼是阻碍弹簧来回振动的力，在实际应用时，由于弹簧的作用力通常比此力大得多，所以很多情况可以不考虑弹簧阻尼。
- ➢ 显示：此卷展栏用于设置“弹簧”模拟元素的预览形态，没有实际意义，可不必设置。
- ➢ 承载面：此选项主要用于方便在 Simulation 进行有限元分析（在动画仿真时，可不设置此值），通过此卷展栏选择的承载面在进行 Simulation 分析时，载荷将分布于选择的面上。

9.2.4 阻尼

单击操控面板工具栏中的“阻尼”按钮，打开“阻尼”属性管理器，如图 9-8 所示，选择阻尼的作用位置，并设置阻尼参数，可以在作用位置间添加阻尼。

常见的阻尼，如下面实例将要讲述的自动闭门器，还有起“合页”作用的阻尼铰链，如图 9-9 所示，其大多为液压阻尼（也有机械式阻尼铰链，机械式阻尼铰链通常是通过弹簧来控制门的开关的）。

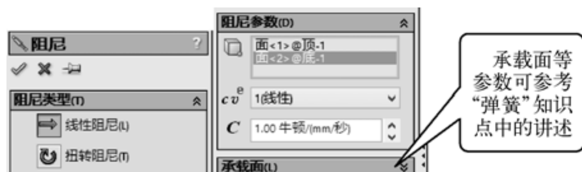




图 9-8　“阻尼”属性管理器　　　　图 9-9　阻尼铰链

需要注意的是，“阻尼”不是“阻力”，也不是由阻力引起的，虽然很多时候可以通过阻尼原理来迟滞零件的运行速度，但是它与阻力是两个概念。从定义上来说，阻尼是指振动系统，由外界作用或系统自有原因引起的振幅逐渐下降的特性。根据阻尼方程式 $F=cv^e$ 可知，阻尼力的大小与速度相关，速度越快阻尼力越大，c 为阻尼常数，与材料相关。在仿真时，用户根据需要对这两个参数的值进行设置即可。

9.2.5 力

单击操控面板工具栏中的“力”按钮，打开“力”属性管理器，如图 9-10 所示，选择力在零件上的作用面、线或点，再设置力的大小，即可为零件设置一个作用力。

在“力”属性管理器中单击“力矩”按钮，可以为某零件添加力矩（“力矩”多适用于旋转运动，而“力”则多适用于直线运动）。此外，在“方向”卷展栏中单击“作用力与反作用力”按钮，可以在两个零件间添加力与反作用力，如可模拟两个小球碰撞后受到的两个反力，如图 9-11 所示，生成动画后小球将向相反方向运动。

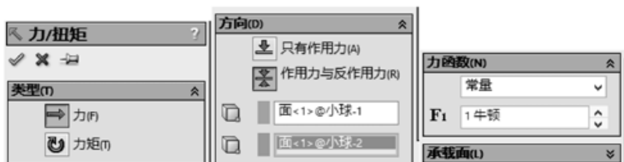


图 9-10 “力”属性管理器

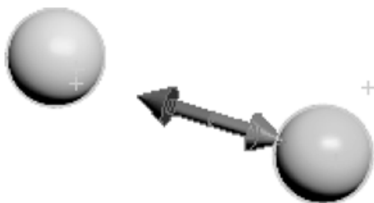


图 9-11 反作用力效果

提示

关于其他参数，这里不做过多解释，其中“力”的类型可参考前面关于“马达”的解释，其他选项可参考对“弹簧”元素的解释。

实例精讲——“挖土机挖土”动画模拟

虽然上一章中的实例实现了挖土机的动画模拟，但是没有实现挖去物体的目的，本实例将为挖土机设置挖取并运载的标定物，并模拟挖土操作。



【制作分析】

本实例的关键点，是为模型添加了“重力”和“接触”两个动力学对象，以实现需要的动画效果，并且需在上一节操作的基础上，再在 Motion 模式下实现相关功能，下面讲解具体操作。

【制作步骤】

STEP 1 首先打开上一章中添加完马达实现了挖土机运动的模型文件，然后为其导入“地面”文件（并添加必要的“配合”），以及模拟被挖取物的零件文件；然后将当前“算例类型”设置为“Motion 分析”，如图 9-12 所示。

STEP 2 单击操控面板工具栏中的“引力”按钮，选择“挖掘机壳体”的台体为引力方向的参考面，并通过单击“反向”按钮设置正确的引力方向，如图 9-13 所示，为操作对象添加引力模拟元素。

STEP 3 单击操控面板工具栏中的“接触”按钮，打开“接触”属性管理器，然后选中模拟地和地面上的一个小部件（此部件用于被挖土机挖取），为模拟地和小部件添加“接触”

关系，如图 9-14 所示。

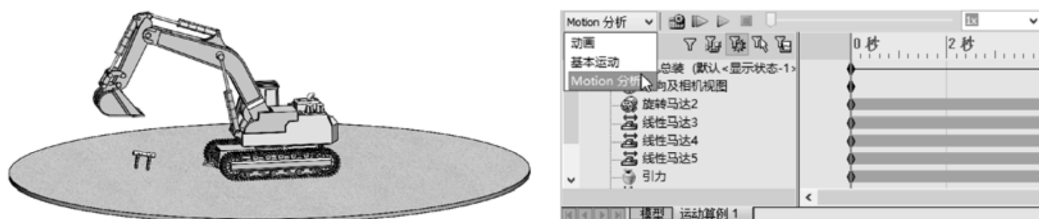


图 9-12　添加了其余对象效果和切换“算例类型”操作

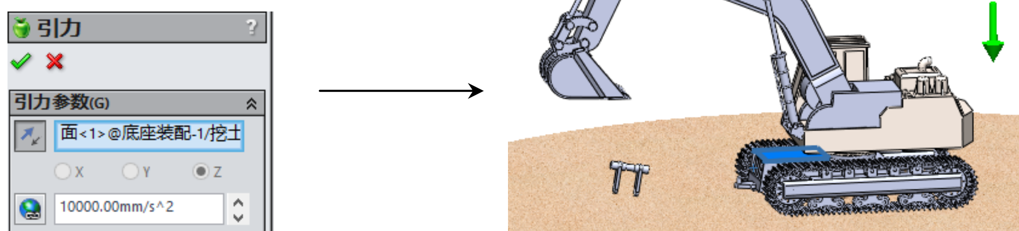


图 9-13　添加引力模拟元素操作

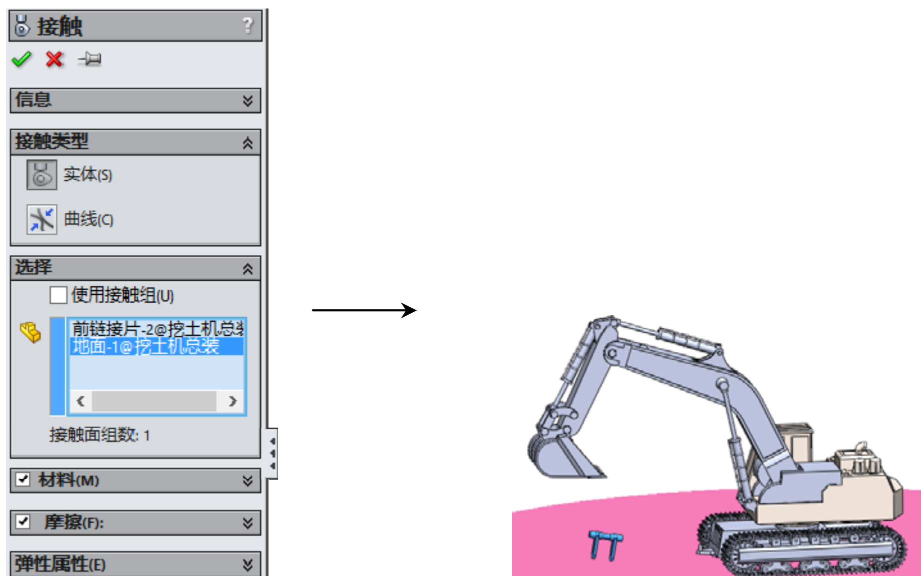


图 9-14　设置被挖掘件与模拟地间的接触模拟元素

STEP 4 同 STEP 3 中的操作，单击“接触”按钮，设置地面上的小部件和“挖斗”间的“接触”关系，如图 9-15 所示，完成整个动画模型的设置操作，单击“计算”按钮，再单击“播放”按钮即可观看动画效果。



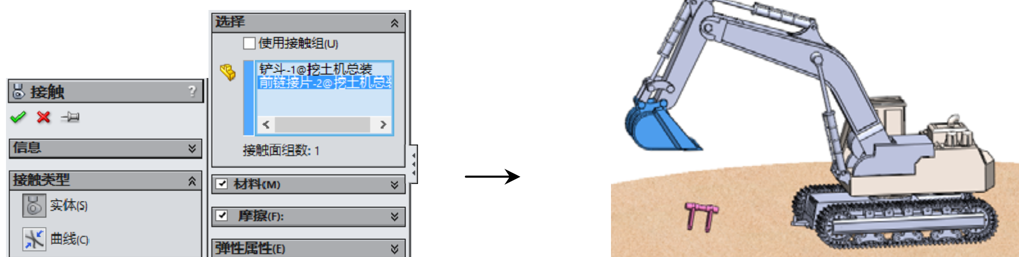


图 9-15　设置被挖掘件与挖斗间的接触模拟元素

实例精讲——“自动闭门器”动画模拟

闭门器是可以使门自动关闭，但是又不会造成门猛烈撞击门框的装置，如图 9-16 所示，实际上它主要是通过弹簧和液压节流原理实现的。

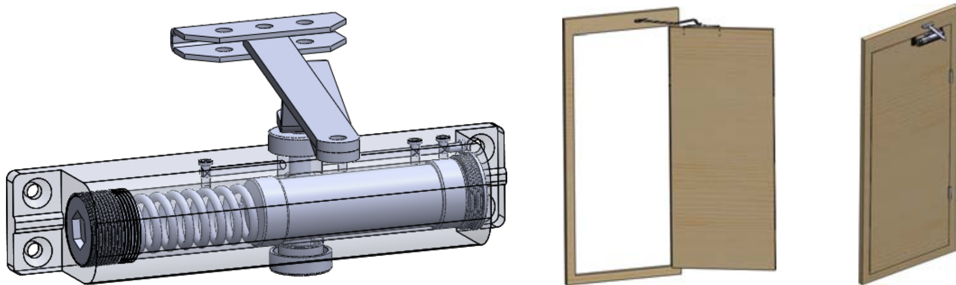


图 9-16　闭门器透视图和闭门器在开门和关门时的状态

本实例将讲解，使用 SolidWorks 的“Motion 运动仿真”功能准确模拟闭门器在开门和关门过程中的受力状况，并分析其开关门时各阶段的速度特点。在进行模拟的过程中，应注意学习“弹簧”“阻尼”和“力”模拟元素的使用。

【制作分析】

本实例所模拟的闭门器过程主要是添加 3 个模拟元素，如图 9-17 所示，顺序添加适当大小的力、弹簧和阻尼即可。在完成动画的仿真操作后，将进行适当的结果分析。

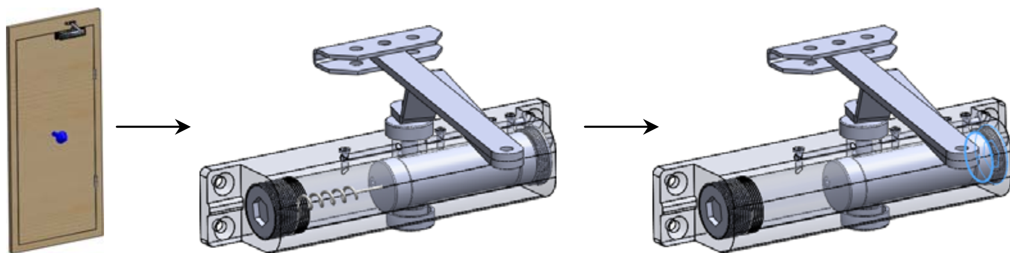


图 9-17　本实例制作闭门器动画的基本操作流程

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“闭门器总装.SLDASM”，打开运动算例操作面板，并选用“Motion 分析”算例类型。

STEP 2 单击操控面板工具栏中的“力”按钮，打开“力”属性管理器，选择“门”的后面为力的作用面，并将力调整为正确的方向，设置力的大小为 10N，其他选项保持系统默认，添加推门的作用力，如图 9-18 所示。

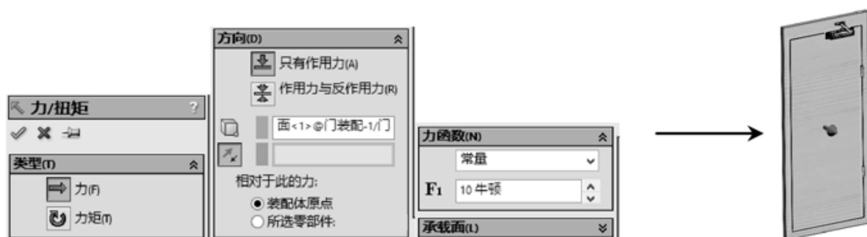


图 9-18 添加“力”的操作

STEP 3 单击操控面板工具栏中的“弹簧”按钮，打开“弹簧”属性管理器，选择“活塞”和“阀门力量调节”盖的对应面为弹簧的作用位置，设置弹簧常数为 0.5N/mm，弹簧“自由长度”为 100，其他选项保持系统默认设置，单击“确定”按钮，添加一线性弹簧，如图 9-19 所示。

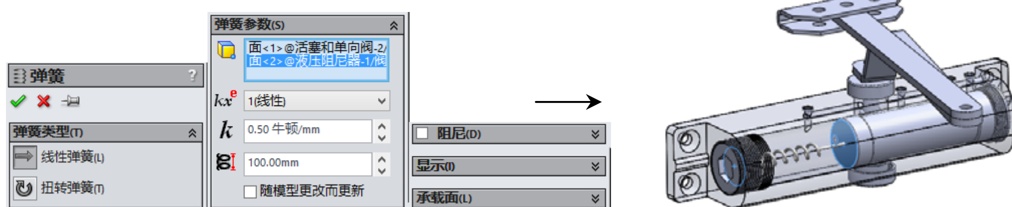


图 9-19 添加“弹簧”操作

STEP 4 单击操控面板工具栏中的“阻尼”按钮，打开“阻尼”属性管理器，选择“活塞”另外一个面，和其对应的“端盖”面，作为阻尼的两个端点，设置“阻尼力表达式指数”为 2，“阻尼常数”为 0.15，添加阻尼模拟液压油的缓冲力，如图 9-20 所示。

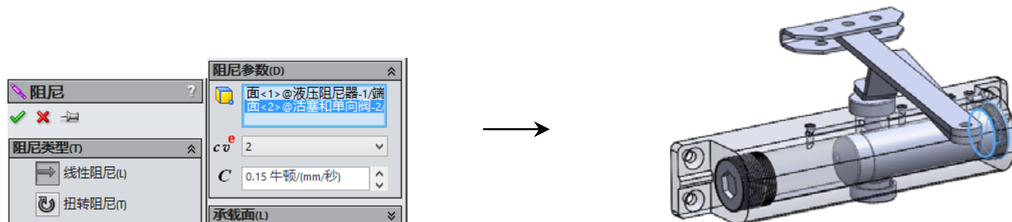


图 9-20 添加“阻尼”操作

STEP 5 在操控面板“键码区”中，拖动顶部键码到 15s 的位置，将整个动画的时间延



长到 15s，再在“力”元素对应的键码区 3s 处右击，在弹出的快捷菜单中选择“关闭”菜单项，将推门力的作用时间限制为 3s，如图 9-21 所示。



图 9-21　键码点调整操作

STEP 6 完成上述操作后，单击“计算”按钮，完成仿真计算后，再单击“播放”按钮，即可以观看开门和关门的仿真动画过程了。

STEP 7 单击操控面板工具栏中的“结果和图解”按钮，打开“结果”属性管理器，在其下拉列表框中依次选择“位移/速度/加速度”>“线性速度”>“幅值”类别，并选择门的左上角点为检测点，生成图解，可以发现关门的速度较为平缓，如图 9-22 所示。

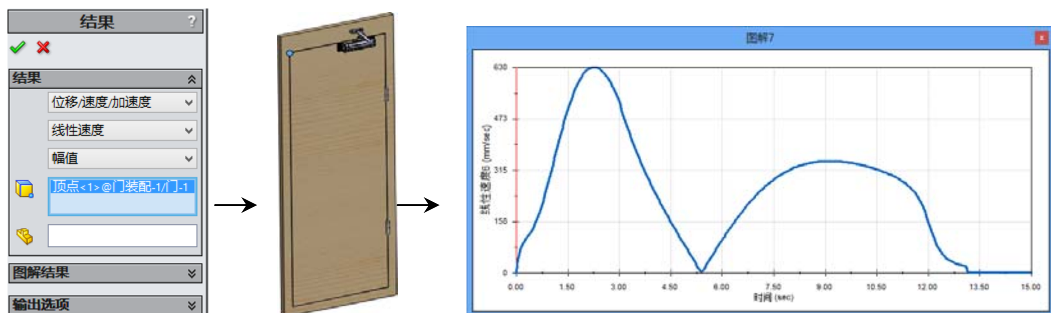


图 9-22　图解门的线性速度操作及图解结果

STEP 8 将“阻尼”压缩，并单击“计算”按钮对算例重新进行计算，然后执行与 STEP 7 相同的操作，生成一新的速度图解图，如图 9-23 所示，从此图可以发现，在没有油压缓冲的作用下，关门时门一直在加速，直至碰到门框时才会瞬间停止。

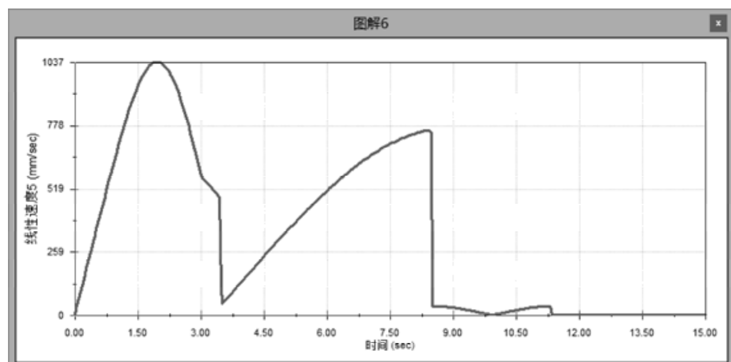


图 9-23　无阻尼时门的速度曲线



关于“结果图解”等模拟分析的内容，详见下一节的讲述。



9.3 运动模拟分析

在实际操作时，有时并不是仅仅为了实现某些动画效果，而是对当前的机械结构等进行模拟和分析，获得必要的分析数据，验证合理性等。本节讲述运动模拟分析的相关内容。

9.3.1 设置运动算例属性

单击操控面板工具栏中的“属性”按钮，打开“运动算例”属性对话框，如图 9-24 所示，在此对话框中可以对运动算例的帧频和算例的准确度等属性进行设置，以确保可以使用最少的时间计算出需要的仿真动画。下面逐项讲解此对话框中各参数的含义：

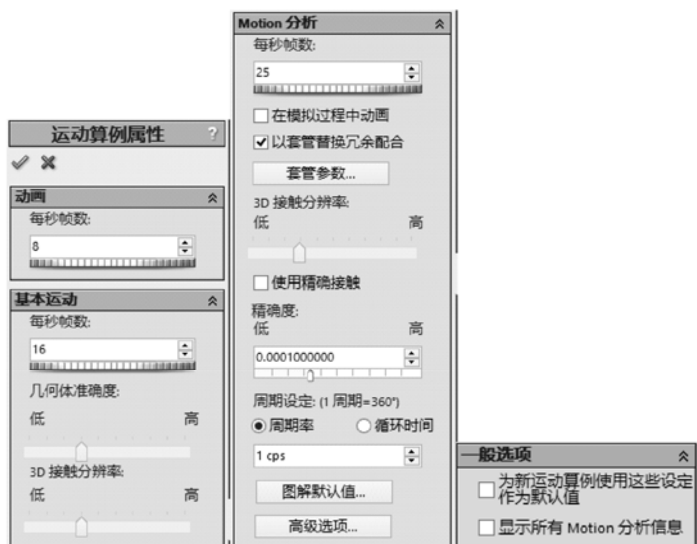


图 9-24 “运动算例”属性对话框

- 每秒帧数：在“动画”“基本运动”和“Motion 分析”算例类型中都可以对此参数进行设置，用于确定所生成动画的帧频。此值越高，生成的动画越清晰，当然计算的时间也较长，但是此值大小不会影响动画的播放速度。
- 几何体准确度：用于确定“基本运动”算例中实体网格的精度。精度越高，用于计算的网格将越接近于实际几何体，模拟更准确，但需要更多的计算时间。
- 3D 接触分辨率：设置实体被划分为网格后，在模拟过程中所允许的贯通量。此值越大，实体表面网格被划分的越细致，模拟时间可以产生更平滑的运动，模拟更逼真，当然计算更费时。
- 在模拟过程中动画：选中后将在计算模拟动画的过程中显示动画，否则在计算过程中

不显示动画，减少计算时间。

- 以套管替换冗余配合：对于冗余的配合，将使用“套管”参数（相当于在配合处添加了一个很大的结合力和阻尼）来替换这些配合，以保证模拟更逼真。
- 精确度：用于设置模拟的数量等级，此数值越小，计算精度越高，计算越费时。
- 周期设定：用于自定义马达或力配置文件中的循环角度。循环角度可以定义马达在某点处的旋转速度（如“周期/秒”，即 CPS）。
- 图解默认值：设置所生成图解的默认显示效果，如图 9-25 所示。

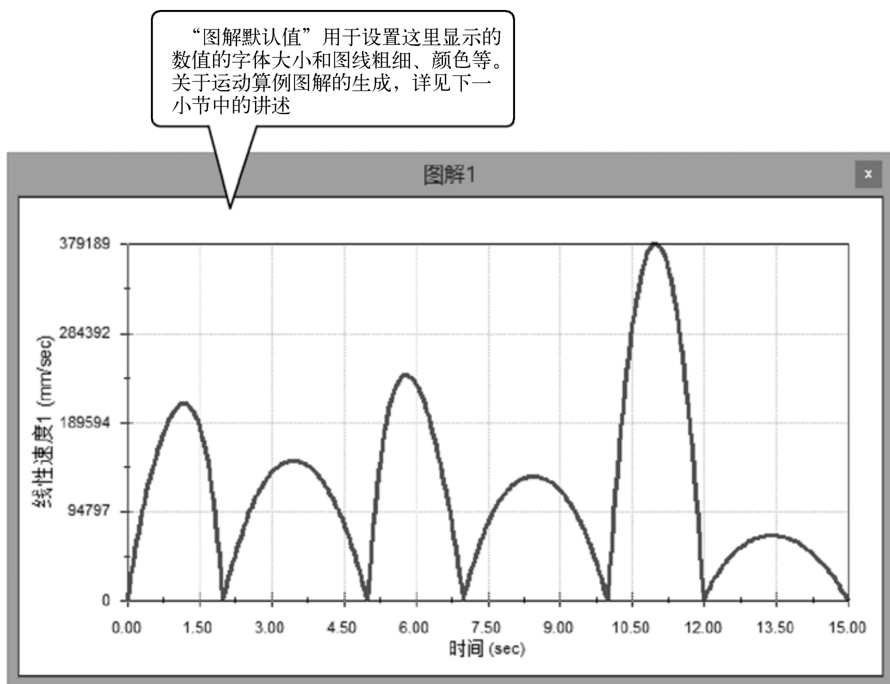


图 9-25　运动算例的图解效果

- 高级选项：用于设置求解器的类型，有 GSTIFF、WSTIFF 和 SI2 GSTIFF 三种积分器可以使用。其中 GSTIFF 积分器，最常使用，速度较快，但是计算精度较 WSTIFF 和 SI2 GSTIFF 会稍差一些（此选项中的其他值请参考其他专业书籍）。
- 为新运动算例使用这些设定作为默认值：选中此选项后，会将此次设置的运动算例值作为每个新运动算例的默认值。
- 选中该选项后，在运动算例的计算过程中将显示算例的详细计算内容和反馈信息。

9.3.2 结果和图解

单击操控面板工具栏中的“结果和图解”按钮，打开“结果”属性管理器，选择需要分析的类别，如位移、力、能量和动量等，然后根据需要选择模型、模型面、点或之间的配合，单击“确定”按钮，可以表格或线等形式显示分析数据，如图 9-26 所示。

在“结果”属性管理器的“图解结果”卷展栏中可以设置生成新图解，也可以将分析结果附加到其他图解表格中，此时原图解表格将进行复合显示。

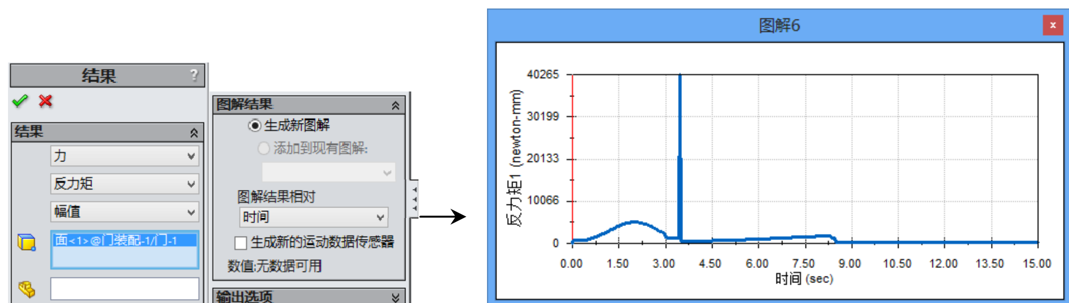


图 9-26 “结果和图解”操作和效果

9.3.3 基于事件的运动视图

在上一章“挖土机动画”中，通过设置马达的“线段”数据点控制了马达在某时间段上的运行距离；在“Motion 分析”动画算例中，系统提供了一种功能更加强大，也更加直观和易操作的制作方式，那就是基于事件的运动视图，如图 9-27 所示。

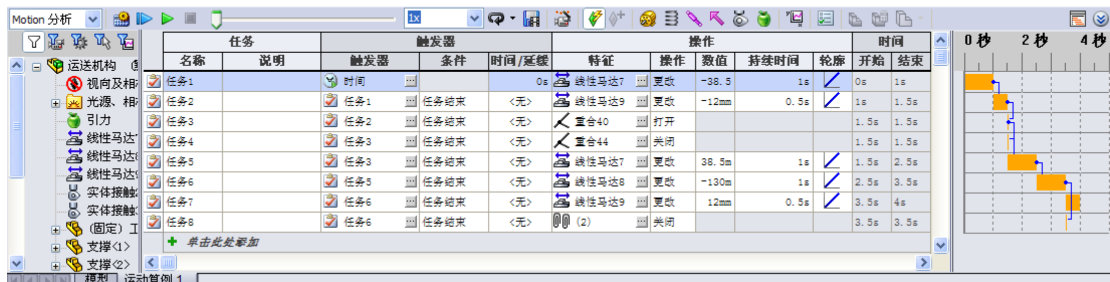


图 9-27 “基于事件的运动视图”效果

单击操控面板工具栏中的“时间线视图”按钮，可打开基于触发器的任务管理器，如图 9-27 所示。通过此管理器可以设置单个马达的启用时间（需要提前将马达设置为“伺服马达”），也可设置任务执行的顺序，以及每个任务的执行时间，在某个任务中开启或关闭特定的配合等，从而令动画的生成更加方便。

9.3.4 动画的有限元分析

在启用了“SolidWorks Simulation”插件后，单击操控面板工具栏中的“模拟设置”按钮，打开“Simulation 设置”对话框，在此对话框中选择要进行有限元分析的零件，并设置要进行有限元分析的时间长度，单击“确定”按钮，然后单击工具栏中的“计算模拟结果”按钮，可以对此时间段内所选零部件进行有限元分析，如图 9-28 左图所示。

分析完毕后，系统默认将使用不同颜色（颜色图表）显示零部件的受力状况，在“应力图解”下拉按钮中可以选择要显示的图解信息，如应力图解、变形图解和安全系数图解等，如图 9-28 右面两个图所示。

总之，要对动画进行有限元分析，只需顺序单击这 3 个按钮即可。





图 9-28　动画的有限元分析效果



需要注意的是，有限元分析较为繁琐，需要耗费大量的计算机资源，所以在进行 Motion 中的有限元分析时，应尽量选择较小的、需要进行分析的时间段进行计算。另外，本书第 10 章中将讲解功能更加全面的基于算例的有限元分析操作。

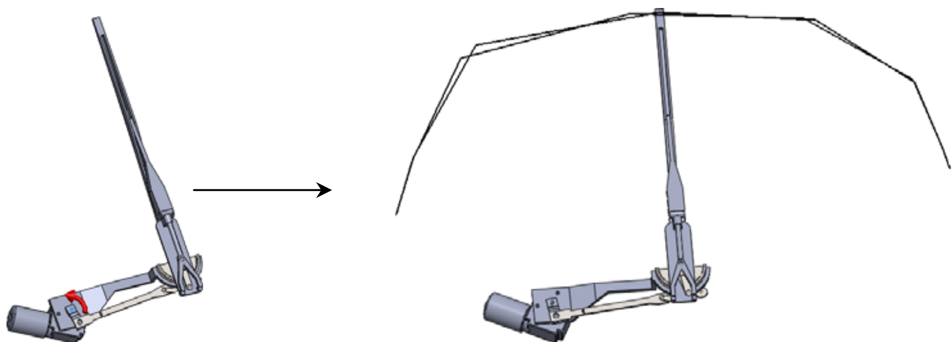
实例精讲——“汽车刮水器”动画模拟

刮水器是为了防止车前玻璃上的雨水及其他污物影响视线，而设计的一种简单清理的工具。刮水器通常采用小型电动机驱动，电动机外通常连接蜗轮/蜗杆机构（用于减速增扭，实际上多与电动机作为一体，注意其输出仍然为轴向旋转），然后通过其输出轴带动连杆机构，通过连杆机构把连续的旋转运动改变为左右摆动的运动。

本实例主要目的在于分析使用此连杆机构的刮水器，能够跨越多大的擦拭面积。

【制作分析】

本实例的操作非常简单，添加马达后，对仿真效果进行计算，然后通过设置生成结果图解即可，如图 9-29 所示。


图 9-29　本实例制作汽车刮水器动画的基本操作流程

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“刮水器装配体.SLDASM”，单击底部的“运动算例 1”标签打开运动算例操作面板，并在“算例类型”下拉列表框中选择“Motion 分析”算例类型。

STEP 2 单击操控面板工具栏中的“马达”按钮，选择电动机输出轴作为马达位置，选择“电动机”为马达“要相对移动的零部件”，如图 9-30 所示，添加一旋转马达。

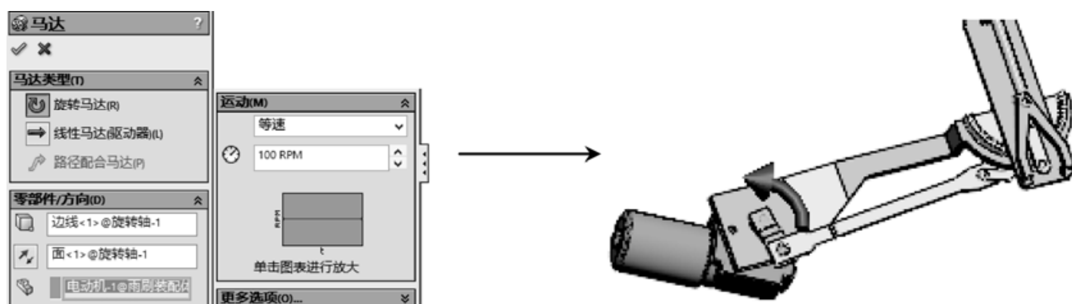


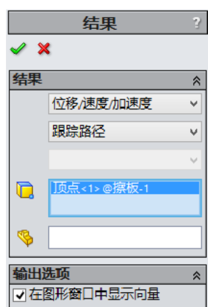
图 9-30 添加旋转马达操作

STEP 3 单击操控面板工具栏中的“计算”按钮，计算在“马达”的驱动下，刮水器的运行动画。计算完成后，可单击“播放”按钮观看刮水器的摆动效果，但是只通过目视无法判断刮水器的擦拭范围，所以需要进行下面的操作。

STEP 4 单击操控面板工具栏中的“结果和图解”按钮，打开“结果”属性管理器，如图 9-31 左图所示，在其下拉列表框中依次选择“位移/速度/加速度”>“跟踪路径”类别，再选择刮水器顶部的一个端点，单击“确定”按钮，即可以线的形式显示出刮水器的路径，如图 9-31 右图所示。



添加的“结果和图解”默认位于运动算例设计树的“结果”分类文件夹中，如图 9-32 所示，右击生成的图解，选择“隐藏图解”菜单可将图解隐藏，反之可重新显示图解。此外，为了分析的需要，可在一个运动算例中添加多个图解。





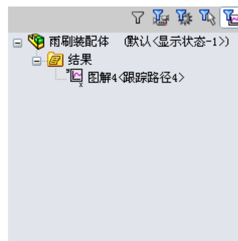


图 9-31 添加“结果和图解”操作及图解效果

图 9-32 图解在设计树中的位置

9.4 本章小结

本章主要讲述了 SolidWorks“运动算例”中的另外两个动画模块：“基本运动”和 Motion，这两个模块增加了更多地动力学对象，可对动画进行仿真模拟，特别是 Motion 模块中的分析

功能，更是本章的重点内容，需要广大读者学习掌握。

9.5 思考与练习

一、填空题

（1）当需要避免两个或多个零部件间互相穿越的发生，可以为其添加________模拟元素。

（2）“运动算例”属性对话框中的“精确度”值用于设置模拟的数量等级，此数值越_____，计算精度越高，计算越费时。

（3）单击操控面板工具栏中的_____________按钮，可以对模型在运动过程中的位移、力、能量或动量等进行图解分析。

（4）单击操控面板工具栏中的_____________按钮，可打开基于触发器的任务管理器，通过此管理器可以令动画的生成和设置更加方便。

（5）在启用了_____________插件后，单击操控面板工具栏中的“模拟设置”按钮，可以设置进行动画有限元分析的时间长度。

（6）“阻尼”不是“阻力”，也不是由阻力引起的，从定义上来说，阻尼是指___________，由外界作用或系统自有原因引起的_______________的特性。

（7）弹簧的伸缩力通常呈线性变化，即指数为_____，也有呈高阶变化的非线性弹簧。指数越高，弹簧长度的微小变化产生的反作用力越大、越______。

（8）在“力”属性管理器中单击“力矩”按钮，可以为某零件添加力矩，“力矩”多适用模拟__________，而“力”则多适用于模拟____________。

二、问答题

（1）简单叙述“马达”模拟元素中“线段”参数的设置方法和其意义。

（2）一个装配体中可以有几个“引力”模拟元素，应如何添加“引力”？

（3）简单叙述基于事件的运动视图的特点，及其基本功能。

（4）“结果和图解”是对动画仿真的量化工具，应如何得到需要的图解结果。

（5）在“弹簧”属性管理器中，选中“随模型更改而更新”选项有何作用？

三、操作题

（1）使用本章提供的素材文件，试创建图 9-33 所示的“槽轮”动画。

（2）使用本章提供的素材文件，试创建图 9-34 所示的“万向轴”动画，并图解其中“星形轮”轴孔的受力状况。

（3）使用本章提供的素材文件，试创建图 9-35 所示的“飞机引擎”动画（不要使用“马达”，而通过“力”和“阻尼”实现）。

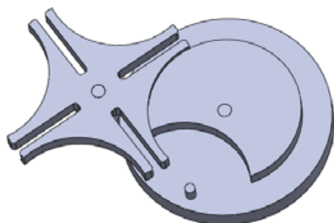


图 9-33　槽轮模型

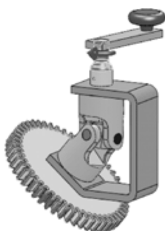


图 9-34　万向轴模型



图 9-35　引擎模型

第 10 章　静力有限元分析

本章要点

- SolidWorks　Simulation 概论
- 分析流程
- 分析选项解释
- 分析结果查看

学习目标

有限元分析是仿真的重要功能模块，通过有限元分析可以解决很多问题：如在设计一个货架时，可以提前通过分析获得当前所设计货架的最大载重量（不会压塌货架）。从而可提前验证设计的合理性，节约原料成本，进而缩短产品开发的周期。本章将讲述有限元分析的操作。

10.1　SolidWorks　Simulation 概论

Simulation 是一款基于有限元分析技术（FEA）的设计分析软件（实际上 SolidWorks 还提供有另外一款有限元分析软件——SolidWorks Flow Simulation，其主要用于流体分析）。

FEA 技术是将自然世界中无限的粒子，划分为有限个单元，然后进行模拟计算的技术。FEA 技术不是唯一的数值分析工具，在工程领域还有有限差分法、边界元法等多种方法，但是 FEA 技术却是功能最为强大，也是最常使用的分析技术。

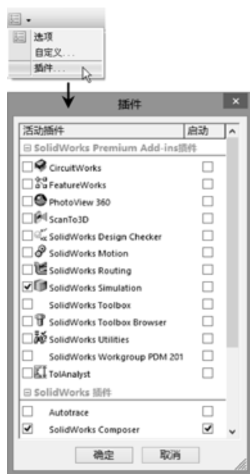
有限元实际上也就是有限个单元，为什么要划分为有限个单元呢？这主要是因为，就像是要计算一个圆的面积，可以通过计算其内接多边形的边长来近似得到，要得到更加准确的周长值，可以将多边形的边数无限增加，当然最终所计算的圆的周长值也只能是一个近似值（就像是圆周率 π 是一个无限循环的小数）。

在计算机中，同样不能将一个物体的所有因素完全考虑清楚，那将是一个永远无法完成的计算量，所以使用有限个单元模拟无限的物理量不失为一个高明的做法，虽然仅得到了一个近似值，但是在很多领域已经足够了。

单击“常用”工具栏“选项”下拉菜单中的“插件”按钮，在打开的“插件”对话框中可以启用 SolidWorks　Simulation 插件，如图 10-1 所示。

Simulation 插件启用后，在 SolidWorks 顶部菜单栏中会增加一个 Simulation 菜单，如图 10-2 所示，此菜单下的子菜单项包含了所有在有限元分析过程中可以进行的操作。此外，如启用了 CommandManager 功能，在顶部工具栏中将显示 Simulation 标签栏，此标签栏中包含了有限元分析的大多数工具，并进行了归类整理，是一个具有智能化特点的有限元分析工

具栏，如图 10-3 所示。





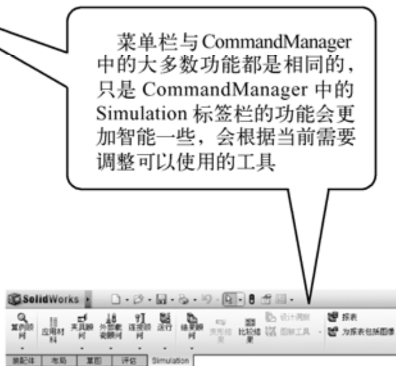


图 10-1 “插件”对话框　　图 10-2 Simulation 菜单　　图 10-3 Simulation 标签栏

当然实际上，在 Simulation 中使用 Simulation 工具栏，加模型树右键菜单操作的方式，更不失为一种更加直接和简便易学的操作方法，如图 10-4 所示。通过 Simulation 工具栏新建需要使用的算例类型后，在左侧算例树中，使用右键菜单自上而下顺序对树中的选项进行设置，然后进行分析，即可初步完成有限元分析操作。

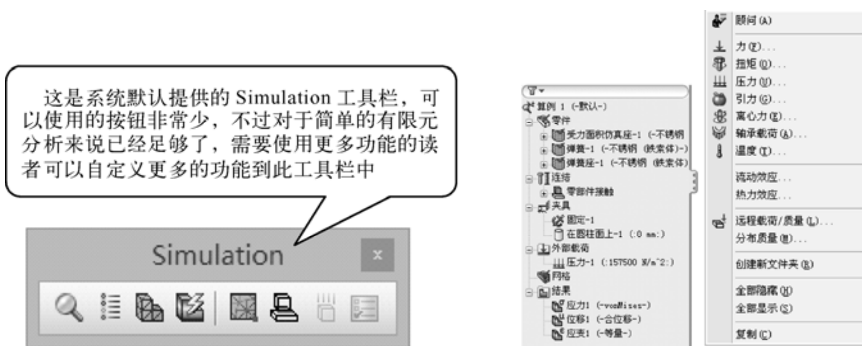
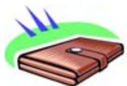


图 10-4 Simulation 菜单和算例树（及其右键菜单）

建议初学者学习时，首选 Simulation 工具栏加模型树右键菜单的操作方式，此方式虽然有些“避重就轻”，但是对于初学者入门，或者对于非工程专业人员逐步掌握 Simulation 分析工具的使用确实非常必要。



提示

有限元分析是一个复杂的过程，在学习的后期，读者将会发现，实际上得到分析结果并不难，难的是能够用较快捷的算例得到比较准确的数据（因为这其中，既要考虑软件的算法、算法的局限性和误差因素，也要考虑机械、声学、电磁学等很多工程学科的因素，需要读者具有比较多的专业知识）。

10.2 分析流程

在上一节中介绍过，在有限元分析的过程中，使用 Simulation 工具栏，加模型树右键菜单的操作方式，是一种简单直观的操作方法，本节就来介绍一下这种操作的具体步骤，从新建有限元算例到最后的分析，逐项介绍（实际上也是一个完整的操作过程）。

10.2.1 新建有限元算例

通过上面章节的学习，读者知道动画中的“运动算例”是一个“算例”一个“算例”的，同一个装配体，可以创建多个“运动算例”，从而创建多种动画。实际上，对于有限元分析，也是以“算例”形式出现的，也可创建多个，以对模型的不同方面进行分析，如“算例 1”可以用来分析静应力，“算例 2”可以用来分析“频率”等。

打开要分析的模型或装配体（此处可打开本文提供的“挂钩”模型），启用 Simulation 插件，单击“Simulation”工具栏中的“新算例”按钮，打开“算例”选择属性管理器，设置算例类型，单击“确定”按钮，可以创建一有限元算例，如图 10-5 所示。

所创建的算例，其默认位置位于“运动算例”的右侧，“算例树”默认位于“模型树”的下面，如图 10-5 右图所示。



图 10-5　添加新算例操作

Simulation 有限元分析共提供了从静态到压力容器设计等 9 种有限元分析方法，其中“静态”算例（静力分析）是最常使用的分析算例，可以用于分析线性材料的位移情况、应变情况、应力及安全系数等。



提示

注意“静态”分析的“静”字上，所谓静态，即只是考虑模型在此时间点处的状态，如受力状态、位移效果等，绝对没有动的因素，即使分析的是一个运动的装配体，例如链

轮、皮带轮间力矩的传递，也应使用“静”的理念进行分析。

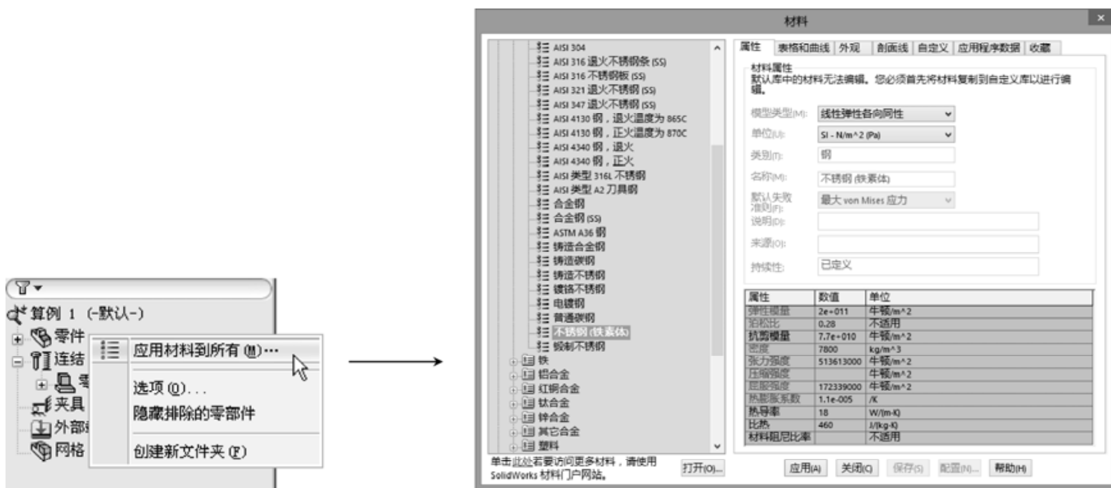
“静态”算例的算例树中，通常包含 5 项，下面解释一下这些算例项的意义：

➢ 零件：主要用于设置零件材料，未对零件设置材料，分析过程中会给出错误提示，未设置材料的零件，其图标前无“对勾”，设置过的以“对勾”标识。
➢ 连结：用于在分析装配体时，添加零部件间的连接关系，可以添加弹簧连接、轴承连接和螺栓连接等多种连接关系（添加连接关系后，可将原有的一些分析因素省掉，如添加了螺栓连接，就可在分析模型中不包含螺栓）。
➢ 夹具：设置模型固定位置的工具，为了分析的方便，模型总有一部分是固定不动的，添加夹具后可以省去对原有夹具的分析，以进一步理想化分析模型。
➢ 外部载荷：设置模型某时间点的受力情况，可添加力、压力、扭矩、引力、离心力等，也可对温度等进行模拟。
➢ 网格：用于对模型划分网格，也可以控制模型个别位置网格的密度，以保证分析结果的可靠性。

10.2.2 设置零件材料

完成算例的添加后，通常首先为零部件定义材料，即确定零部件是什么材质的（如是塑料材质还是金属材质等），材质不同，其性能会有很大不同，所以在每次分析时，都需要为模型定义材质。

右击“算例”树中的“零件”项，在弹出的快捷菜单中选择“应用材料到所有”菜单项（或右击“零件”项下的某个零件，在弹出的快捷菜单中选择“应用/编辑材料”菜单项），打开“材料”对话框，然后可以为所有零件或某个零件选用材料，如图 10-6 所示。



属性	数值	单位
弹性模量	2e+011	牛顿/m^2
泊松比	0.28	不适用
抗剪模量	7.7e+010	牛顿/m^2
密度	7800	kg/m^3
张力强度	513613000	牛顿/m^2
压缩强度		牛顿/m^2
屈服强度	172339000	牛顿/m^2
热膨胀系数	1.1e-005	/K
热导率	18	W/(m·K)
比热	460	J/(kg·K)
材料阻尼比率		不适用

图 10-6　应用材料操作

用户无法对默认材料库中的材料属性进行编辑（只可以选用），如需要使用系统未定的材料，可以在下部的“自定义材料”分类中进行添加。添加自定义材料时需要注意，红色的选项是必填项，是必需的材料常数，在大多数分析中都会被用到；蓝色的为选填项，只在特定

的载荷中才会被使用。

10.2.3 固定零部件

“静力分析”多是分析模型在受到某个作用力时，模型的受力状况，如得出某个位置受力较强，所以在制造此零件时，此位置即需要注意，或进行加强处理等。模型受力时，不可能没有支撑点，而“固定零部件”就是确定支撑点的位置和支撑方式的。

“固定零部件”的操作及其意义，实际上就是给零部件添加一个支撑，如完全固定支撑、滑竿支撑、弹性支撑、轴承支撑等。

右键单击“算例”树中的“夹具”项，在弹出的快捷菜单中选择“固定几何体”菜单项（或其他固定工具），打开“夹具”属性管理器，选择模型的某个面、线或顶点，可为模型添加固定约束，如图 10-7 所示。

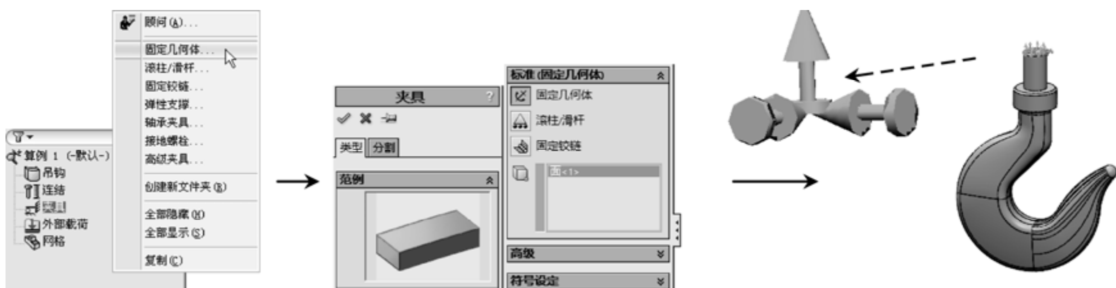


图 10-7 固定几何体操作

“固定几何体”是完全定义模型位置的约束，被约束的对象，在没有弹性变形的情况下将完全无法运动。而被添加夹具的面或线上将显示夹具标记，标识对点的 6 个自由度（3 个平移自由度和 3 个旋转自由度）做了限制（不同夹具所限制的自由度个数有所不同，标识也会有所不同）。

10.2.4 添加载荷

“载荷”也就是定义模型受到的作用力，所以，同“材料”和“固定零部件”，在“静应力分析”中，“载荷”肯定也是必设的条件之一。

右键单击“算例”树中的“外部载荷”项，在弹出的快捷菜单中选择要添加的载荷（如选择“力”项），打开“力/力矩”属性管理器，然后设置力的受力位置、方向和大小等要素，可添加外部载荷，如图 10-8 所示。

在添加外部载荷的过程中，关键是对载荷的大小和方向的设置，如在上面“力/扭矩”对话框中，除了可以通过面的法向设置力的方向外，还可以通过选定的方向设置力的方向。在“单位”卷展栏中可设置力的单位（SI 为国际单位，即牛顿，此外也可以使用英制和公制），在“符号设定”卷展栏中可以设置力符号的颜色和大小。

此外，一次可同时在多个不同面上添加不同方向的多个力，在“力/扭矩”卷展栏中，“按条目”是指在每个面上添加单独所设置的力值，而按“总数”则是在两个面上按比例分配所设置的力值。



图 10-8　添加“压力”操作

10.2.5 网格划分

什么是网格，为什么要划分网格呢？实际上，本章第一节讲过，有限元也就是有限个单元，即在分析时需要将模型划分为有限个单元，而这个确定网格大小等指标，以将模型划分为有限个单元的过程，即是网格划分的操作。

右键单击“算例”树中的“网格”项，在弹出的快捷菜单中选择“生成网格”菜单项，打开“网格”属性管理器，设置合适的网格精度或保持系统默认设置，单击“确定”按钮，即可为模型划分网格，如图 10-9 所示。

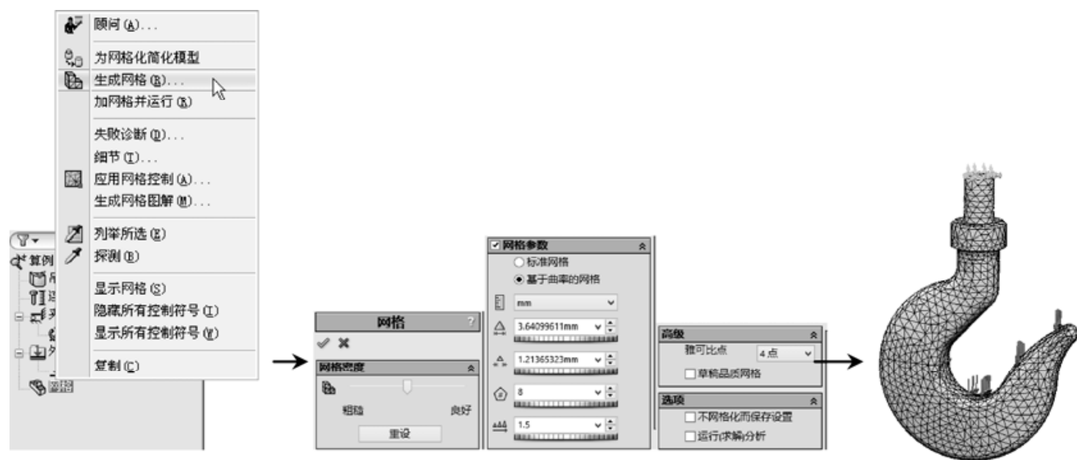


图 10-9　“生成网格”操作

通过“网格”属性管理器“网格密度”卷展栏中的精度条可以调整网格的进度，网格精度越大，模型分析结果越接近真实值，但是用时也越长。

SolidWorks 提供了两种网格单元（针对实体）：一种为一阶单元，一种为二阶单元，一阶单位（即所谓的草稿品质），具有 4 个节点，二阶单元具有 10 个节点。系统默认选用二阶单元划分网格，如需选用一阶单元划分网格，可勾选“网格”属性管理器“高级”卷展栏中的“草稿品质网格”复选框。

此外，“高级”卷展栏中的“雅可比点”用于设定在检查四面单元的变形级别时要使用的积分点数，值越大反正计算越精确，所用时间越长。“选项”卷展栏中的“不网格化而保存设置”复选框表示只设置新的网格数值而不立即进行网格化处理；勾选“运行（求解）分析”复选框，可在网格化之后立即运行仿真算例分析。

10.2.6 分析并看懂分析结果

完成“材料设置”“固定零部件”“添加载荷”和“网格划分”后（这几个是分析之前，需要设置的分析条件，其中对于“网格划分”，有时也可省略，即使用默认值），即可执行分析操作，以查看分析结果，取得需要的数据。下面讲解操作。

右键单击“算例”树顶部的“算例 X”项，在弹出的快捷菜单中选择“运行”菜单项，可以对仿真模型进行分析（即进行有限元计算，有时会耗时较长），完成有限元计算，系统将默认显示有限元“应力”的图解结果，如图 10-10 所示。



图 10-10 运行有限元分析操作

如图 10-10 右图所示，在有限元分析图解结果中，右侧的颜色条与模型上的颜色紧密对应，在“应力”图解中，默认使用红色表示当面实体上所受到的最大应力，使用蓝色表示所受到的较少应力，根据颜色条上的值可以读出应力大小。

在颜色条的下端显示有当前模型的屈服力值，如实体材料已处于屈服状态，将在颜色条中用箭头标识屈服点的位置。



如“应力”颜色条下面未显示出当前材料的屈服力，可选择“Simulation”＞“选项”菜单，打开“系统选项”对话框，在“普通”＞“结果图解”栏目中勾选“为 vonMises 图解显示屈服力标记”复选框即可。

“静态”分析后，系统默认生成三个分析结果，分别为应力、位移和应变，如图 10-11 左图所示。右击算例树中的“结果”项，可在打开的快捷菜单中选择需要的菜单项，添加其他算例分析结果，如选择“定义疲劳检查图解”菜单项，在打开的对话框中选用转载类型，或保持系统默认单击确定按钮可添加疲劳检查图解，如图 10-11 所示。



图 10-11　加载疲劳检查图解操作



应力就是模型上某点所受到的力，而应变是指在应力作用下模型某单元的变形量与原来尺寸的比值。

此外，疲劳检查图解用于提醒模型的某些区域是否可能在无限次反复装载和卸载后发生失效，分析完成后，系统会使用红色区域标识可能会出现疲劳问题的区域（关于疲劳分析对话框中各选项的设置，请参考工程学中的专业书籍）。

关于更多分析结果的查看工具，详见下面 10.4 节中的讲述。

实例精讲——“安全阀”有限元分析

安全阀是一种常用的排出容器内压力的阀门，当容器压力超过一定值时，阀门自动开启，排出一部分流体，令容器内压力降低，当压力降低到一定程度时，阀门自动关闭，以保持容器内的压力可以固定在一定的范围内。

安全阀按照单次的排放量，可以分为微启式安全阀和全启式安全阀，微启式安全阀阀瓣的开启高度为阀座内径的 1/15～1/20，全启式安全阀阀瓣的开启高度为阀座内径的 1/3～1/4。

本实例所设计安全阀为全启式安全阀，如图 10-12 所示，其中需要使用有限元验证的是：在安全阀“整定压力”下弹簧的长度，以此来确定调整螺钉和固定螺钉的初始位置；以及分析在“排放压力”下本安全阀能否达到所设计的开启高度。



“整定压力”是指阀瓣开始开启时的压力，其与安全阀的预紧力相等；“排放压力”是指“整定压力”加“超过压力”，对于全启式安全阀，“超过压力”与反冲盘的开口角度和长度等有很大关系。

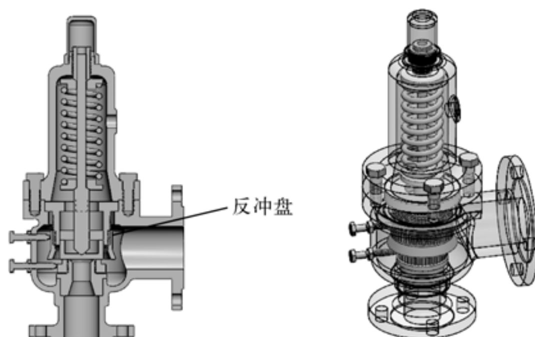


图 10-12 安全阀剖视图和透视图

【制作分析】

由于本节的最终目的是得到弹簧的预紧力长度和验证本实例所设计安全阀的设计合理性，本节在进行仿真之初，首先对整个模型进行了简化（理想化），以快速得到需要的分析数据，然后通过常用的有限元分析步骤——添加应用材料、设置夹具和外部载荷，然后进行分析，即可得到模型分析结果，如图 10-13 所示。

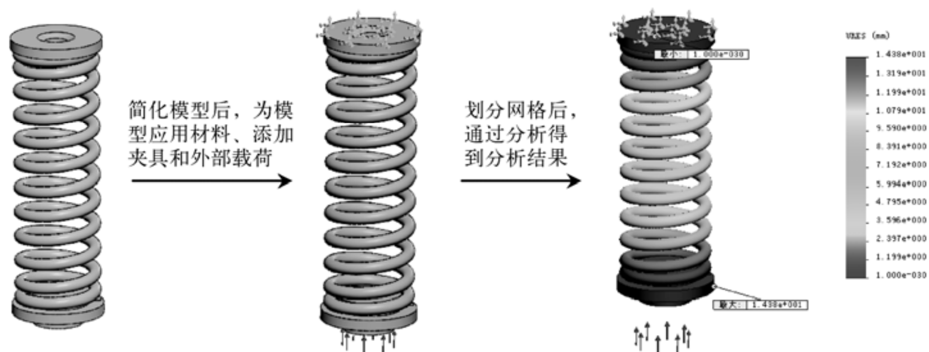


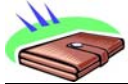
图 10-13 安全阀有限元分析的基本操作流程

此外，安全阀的整定压力通常为容器工作压力的 1.05 倍，安全阀开启后，阀瓣所受压力通常只有整定压力的 0.3 倍，这两个参数是下面在计算过程中需要用到的。

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“分析用模型（1）”中的“仿真用有限元模型1.SLDASM”，单击“常用”工具栏“选项”下拉菜单中的“插件”按钮，在打开的“插件”对话框中选中 SolidWorks Simulation 前的复选框，单击“确定”按钮，启用 Simulation 插件。

STEP 2 单击“Simulation”工具栏中的“新算例”按钮，打开“算例”选择属性管理器，设置算例类型为静态，单击“确定”按钮，创建一有限元算例，如图 10-14 所示。


提示

关于为何“理想化”仿真模型，这里稍作说明：因为在此次有限元分析中，会忽略重力的影响，所以弹簧两侧弹簧座的大小对仿真值的影响可以忽略，而理想化后的下部仿真



座的圆面大小与阀座的开口面积相同，可代表阀门的实际受压面积。

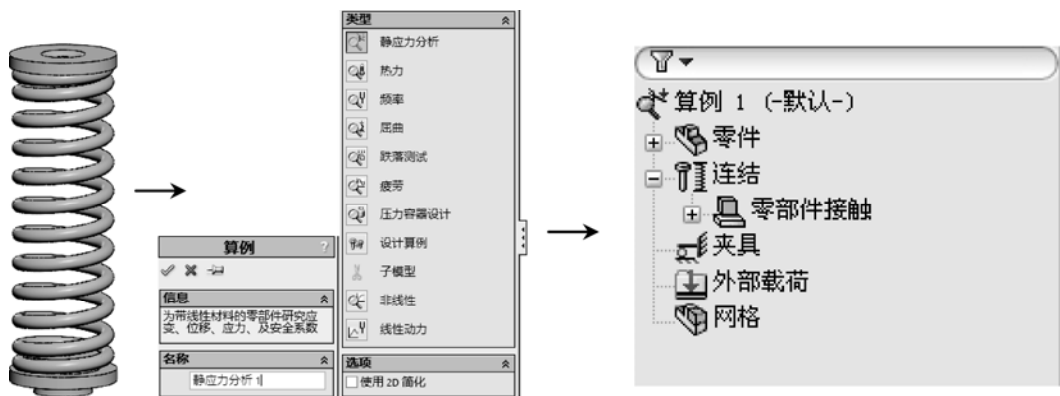


图 10-14　添加新算例操作

STEP 3 右键单击“算例”树中的“零件”项，在弹出的快捷菜单中选择“应用材料到所有”菜单项，打开“材料”对话框，为所有零件选用“不锈钢（碳素体）”材料（此材料耐蒸汽等的腐蚀，也是制作弹簧的常用材料），如图 10-15 所示。



图 10-15　应用材料操作

STEP 4 右键单击“算例”树中的“夹具”项，在弹出的快捷菜单中选择“固定几何体”菜单项，打开“夹具”属性管理器，选择装配体的上边的模型面为固定面，单击“确定”按钮将此面完全固定，如图 10-16 所示。

STEP 5 右击“夹具”项，在打开的快捷菜单中选择“高级夹具”菜单项，打开“夹具”属性管理器，选择“在圆柱面上”按钮，选择“受力面积仿真座”的圆柱面为只可切向运动的面，并选中“径向”按钮，单击“确定”按钮，令弹簧只能沿轴向压缩或伸长，如图 10-17 所示。

STEP 6 右键单击“算例”树中的“外部载荷”项，在弹出的快捷菜单中选择“压力”菜单项，打开“压力”属性管理器，选择“受力面积仿真座”的底部面为受力面，设置压力大小为 52500N/m^2，单击“确定”按钮，为弹簧添加外部载荷，如图 10-18 所示。

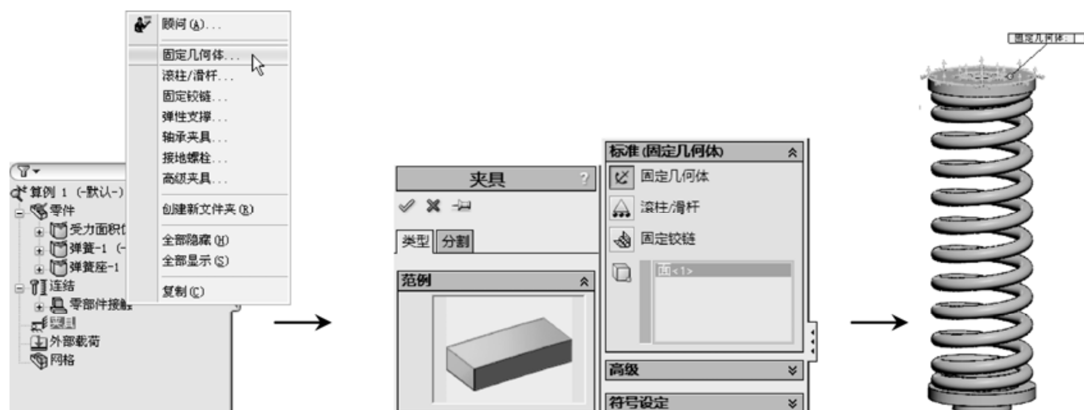


图 10-16 固定几何体操作

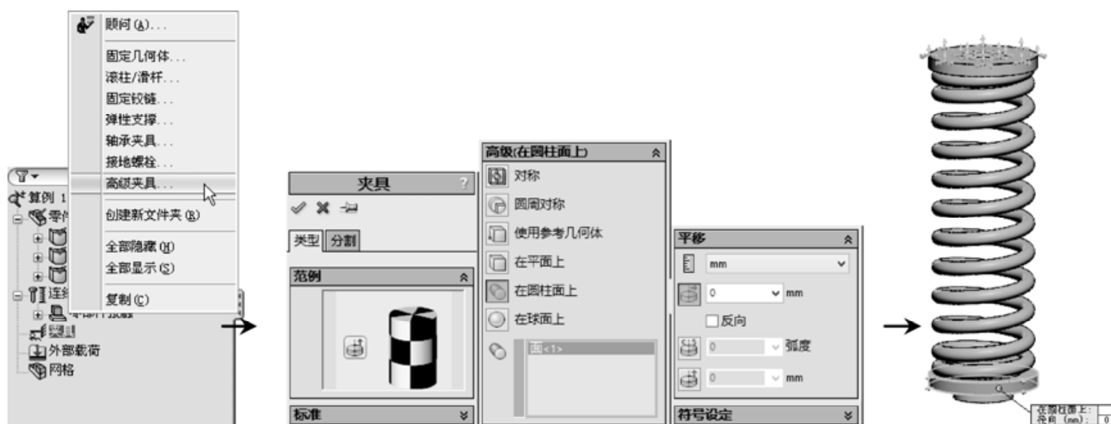


图 10-17 添加高级夹具操作



图 10-18 添加“压力”操作



> 之所以设置压力大小为 52500N/m^2，这主要与所设计安全阀的额定工作压力有关，本文所设计的安全阀的额定工作压力为 0.5Mpa，即 50000N/m^2，而安全阀的开启压力，也就是整定压力通常为容器工作压力的 1.05 倍，所以取值为 52500N/m^2。

STEP 7 右键单击“算例”树中的“网格”项，在弹出的快捷菜单中选择“生成网格”菜单项，打开“网格”属性管理器，保持系统默认设置，单击“确定”按钮，经过软件自动计算为仿真模型添加网格，如图 10-19 所示。



图 10-19 “生成网格”操作

STEP 8 右键单击“算例”树顶部的“算例 1”项，在弹出的快捷菜单中选择“运行”菜单项，系统自动开始对仿真模型进行有限元计算，在计算过程中系统会弹出“线性静态算例”提示对话框，单击“否”按钮继续（其原因详见下面提示）完成有限元计算，并默认显示有限元“应力”图解结果，如图 10-20 所示。



图 10-20 运行有限元分析操作



在图 10-20 中图所示的“线性静态算例”提示对话框中，如单击“是”按钮，将对模型进行“大型位移”分析，启用“大型位移”分析后，在分析时将考虑模型由于形状变化而带来的对材料刚度变化的影响（即非线性）；而在“小型位移”分析中，会将材料视为线性材料，不会考虑上述情况，由于弹簧的特殊性，此处单击“否”按钮即可。



STEP 9 右键单击“算例”树底部“结果”文件夹中的“位移 1”项，在弹出的快捷菜单中选择“显示”菜单项，在右侧视图中将图解显示模型的位移效果，如图 10-21 所示，其最顶部为模型的最大位移，也即是弹簧的压缩长度，为 1.402e+001，即 14.02，而弹簧的自然长度为 126，所以可大概确定装配时，应使弹簧压缩后的长度接近于 112。



仿真结果以科学计数法来标识数字，为取得正常数值，“+”时可将小数点右移，“-”时可将小数点左移，后面是移动的位数。

此外，仿真后的图示位移往往不是模型的默认位移，右击算例树中的“位移”结果项，在弹出的快捷菜单中选择“编辑定义”菜单项，打开“位移图解”属性管理器，如图 10-22 所示，在“变形形状”卷展栏中选中“真实比例”单选按钮，可以在模型上显示真实的位移。



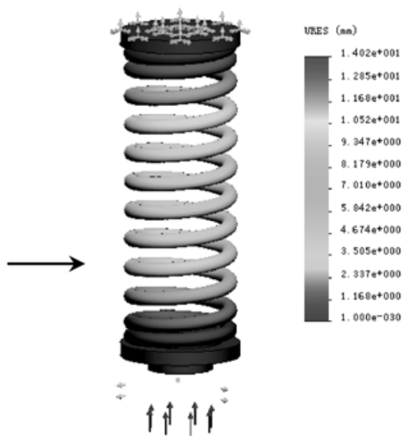


图 10-21 现实分析后的位移效果操作



图 10-22 设置真实比例操作

STEP 10 通过与 STEP 1 ～ STEP 9 相同的操作，打开素材文件“分析用模型（2）”中的“仿真用有限元模型.SLDASM”，设置压力大小为 157500N/m^2，其他设置与前面操作相同，进行有限元仿真，可得出此时弹簧的最大位移为 26.3，如图 10-23 所示。



因为模型的阀座内径为 24，根据全启式安全阀的要求，其“开启高度”实际上应在 6～8 之间，而 26.3-14.02=12.28，其值远远大于额定值，所以存在设计缺陷，应缩小反冲盘的面积，或者增强弹簧的强度，以符合设计要求。

此外，在“安全阀仿真用有限元模型 2.SLDASM”文件中，“受力面积仿真座”底部的平面面积与反冲座的平面面积相同，这也是理想化的模型。

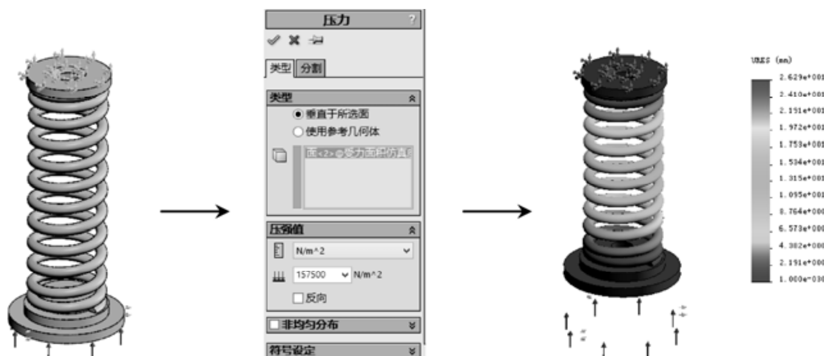


图 10-23　仿真“排放压力”时弹簧状态操作

10.3　分析选项解释

在上节中，实际上只介绍了有关分析选项的其中一个功能，如“固定零部件”，除此之外还有更多的类型（即下面将要讲到的“常用夹具”），本节将讲解这些操作中同样需要经常用到的扩展功能的作用和使用方法。

10.3.1　装配体中的常用连结关系

对于“装配体”，在进行有限元分析时，还可以为其添加连结关系，以模拟“装配体”中两个对象间的关系（类似于装配体中的配合，需要注意的是，在有限元算例中，并不会继续使用装配体中的配合，而需重新定义）。

打开“装配体”，并新建有限元算例，可在算例树中发现一个名称为“连结”的文件夹，右击这个文件夹，选择弹出菜单中的菜单项，如图 10-24 所示，可以指定装配体中零部件之间的连接关系，下面解释一下这些连接关系的意义。

➢ 相触面组：定义单个相触面组间的配合关系，选择此选项后，将打开“相触面组”属性管理器，如图 10-25 所示，选择两个相触面组，可以为其设置配合关系，并可设置配合面间的摩擦系数，共有 5 种类型的相触面关系，其意义详见表 10-1。



图 10-24　连结关系右键菜单



图 10-25　“相触面组”属性管理器

表 10-1 5 种类型相触面组的意义

类型	意义	图示
无穿透	定义面间不能互相穿透，但是允许滑移，较接近于真实的物体接触，但是计算较耗时	
接合	在选定面处将两个零部件“粘合”在一起，分析时将其看作一个整体，面间不可滑移	
允许贯通	在分析时，允许所选面处互相贯通，而不会计算其间的应力，如果可以确定两个零部件不会产生干涉，那么使用此项可以节省计算时间	
冷缩配合	冷缩配合用于模拟将对象装配到略小的型腔中。由于型腔较小，所以在接合处会产生预应力，力大大小于材料属性等有关	
虚拟壁	可以定义某个实体面到基准面（虚拟壁）的接触关系，通常应使实体面在虚拟壁上滑动，如移动过程中，实体面与虚拟壁发生碰撞，虚拟壁将阻止实体面的穿越	略





在“相触面组”属性管理器中，选中“自动查找相触面组”单选按钮，选中要检查相触面组的零部件（或全部零部件），再单击“查找面”按钮，可以自动查找相触面组，然后在分析结果中选中要使用的相触面组，并单击“确定”按钮即可。

此外，需要注意的是，在设置相触面组时，可以自定义零部件的“摩擦系数”，也可以不指定，当不指定摩擦系数时，并不表明这两个面间没有摩擦，分析时系统将会使用 Simulation“选项”中设置的默认摩擦系统，通常为 0.05。

- 零部件接触：定义实体间的接触关系，共有 3 种类型，分别为：无穿透、接合和允许贯通，其意义同上。当此配合与定义的“接触面组”配合冲突时，系统使用“接触面组”中定义的配合。
- 弹簧：定义只抗张力、只抗压缩或者同时抗张力和压缩的弹簧（其意义可参考 Motion 中的弹簧）。
- 销钉：用于模拟“无旋转”或“无平移”的销钉，连接的销钉面可整体移动。
- 螺栓：模拟真实装配体中两个零件间的螺栓连接（需选择对应的圆孔面），螺栓连接不同于面的“固定约束”，在进行仿真分析时，会在螺栓连接处产生应力。
- 轴承：用于模拟杆和外壳零部件之间的轴承接头。
- 点焊和边缝焊：用于模拟零部件间的焊接关系，以仿真验证零件间焊接的牢固性。
- 接秆：定义零部件间的两个对应的支撑点（相当于在这两个支撑点间创建了一个刚性的不可压缩的连杆），在仿真分析时，这连个支撑点间的距离保持不变。
- 固定连接：类似于“接秆”，定义零部件间两个对应面，这两个对应面永远保持刚性，在分析时，面上任何两点的距离保持不变。

10.3.2 常用夹具

除了上面介绍的固定零部件操作，右键单击“算例”树中的“夹具”项，在弹出的快捷菜单中可发现除了“固定几何体”之外，还有更多的夹具选项可供选择，以定义模型的固定约束，如图 10-26 所示。



提示

在“夹具”属性管理器“分割”选项卡中，选择草图和要进行分割的面，可以将面分割，然后将夹具定义在此面的某个区域内，如图 10-27 所示（此功能在连结关系和载荷中同样可以使用）。



图 10-26　夹具快捷菜单



图 10-27　“夹具”属性管理器“分割”选项卡的作用

这些常用夹具的作用如下：

- 固定几何体：令所选择的面、线或点的位置完全固定，即包括位移和旋转的 6 个自由度完全固定，不可移动、不可旋转。
- 滚柱/滑杆：定义某面只能在原始面的方向移动，但不能在垂直于其原始面的方向移动。
- 固定铰链：定义类似合页的固定轴。固定铰链与销钉的不同之处在于，定义了固定铰链轴面的位置处于夹具的锁紧位置，不可移动。
- 弹性支撑：定义某面受到的弹性支撑力。与“连接关系”中的弹簧不同的是，弹性支撑无需选择对应面，而只是当零件所选面处发生位移或变形的一个支撑。“弹性支撑”可用于模拟弹性基座和减震器。
- 轴承夹具：在所选圆柱面处模仿轴承面，仿佛有一个潜在的固定轴承将所选的圆柱面进行了固定。所选面可自由旋转，但不可有轴向的位移。在执行此操作时，如单击“允许自我对齐”按钮，可模仿球面自位轴承接头。
- 接地螺栓：定义圆孔到基准面间的螺栓连接关系。定义螺栓的边线必须位于目标基准面（可被看做“虚拟壁”），否则无法使用此夹具。
- 高级夹具：可限制零件在某平面、球面或圆柱面上等的移动。在对其选项进行设置时（如选择），选中的项表示在此方向上进行限制，0 值表示在此方向不可移动，输入数值可设置可移动的范围，未选中的项表示在此方向上不做限制。

10.3.3 常用外部载荷

除了 10.2.4 中介绍的“力”载荷，右键单击“算例”树中的“外部载荷”项，在弹出的快捷菜单中可发现可以为零件选择更多地载荷，如图 10-28 所示。下面讲解这些常用载荷的意义：

➢ 力、扭矩、压力、引力、离心力：这几个载荷较为常用，用于在选定面上模拟零件受到的作用力，其设置和使用方法也较易理解，此处不做过多说明。

➢ 轴承载荷：定义接触的两个圆柱面之间或壳体圆形边线之间具有轴承载荷，如图 10-29 所示，轴承载荷将在接触界面生成非均匀压力，用于模拟机组由于重力作用对轴承造成的压力（或某个方向上的冲击力），所选坐标系是受力方向的参照。



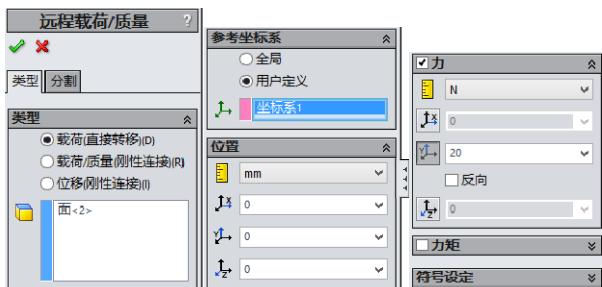
图 10-28　外部载荷快捷菜单



图 10-29　添加轴承载荷的操作

➢ 温度：可通过此菜单项设置某面、边线、顶点或零部件的温度，以模拟零件受热时的状态。

➢ 远程载荷/质量：将远程载荷、质量或位移转移到所选面、线或顶点处，如图 10-30 所示。当选用“载荷（直接转移）”项时，将从所选坐标系原点（或系统）处为所选面增加载荷（此时会将远程力和由此力形成的到所选面的力矩同时转移到所选面上），当选用质量或位移时，将通过刚性杆固定的质量，或设置的位移加载到所选面上。



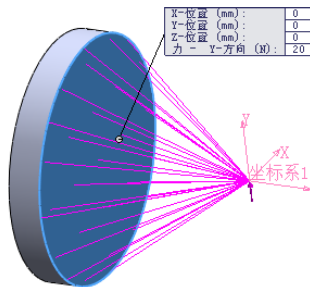


图 10-30　添加“远程载荷/质量”操作

➢ 分布质量：在选定的面上分布指定的质量值。可使用此功能模拟已压缩或未包括在建模中的零部件。



10.3.4 细分网格

右键单击“算例”树中的“网格”项，在弹出的快捷菜单中选择相应的菜单项，如图 10-31 所示，可以设置零件的网格密度，或控制网格的显示等，下面集中解释一下此快捷菜单中各菜单项的作用：

➢ 应用网格控制：根据需要为模型中的不同区域指定不同的网格大小，如图 10-32 所示。局部细化的网格有利于对受关注处受力情况的分析，而又不会对整个分析时间造成太大的影响。



图 10-31　网格操作快捷菜单



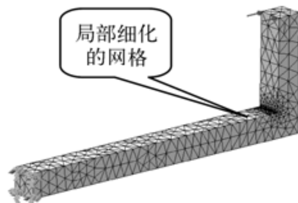
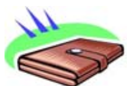


图 10-32　添加“远程载荷/质量”操作



需要注意的是，在有限元分析中，网格存在应力的奇异性，对于尖角处的网格，随着网格的逐步细化，所得出的应力值也会越来越大（见图 10-33）。

这主要是因为，根据弹性理论，在尖角处的应力应该是无穷大的，但是有限元模型不会产生一个无穷大的应力，而是会将此应力分散到邻近单元中。所以在进行有限元分析时，如果对边角处或邻近区域的应力感兴趣，应为其设置圆角，否则由于模型的自身问题，所得出的分析数据与实际值会有很大差异。

➢ 为网格化简化模型：当模型过于复杂时，选择此命令，系统可根据零件的大小判断出实体中“无意义的体积”，并列举在任务窗格中，用户可以首先将其抑制，然后再对装配体进行分析，以节省有限元分析的时间。

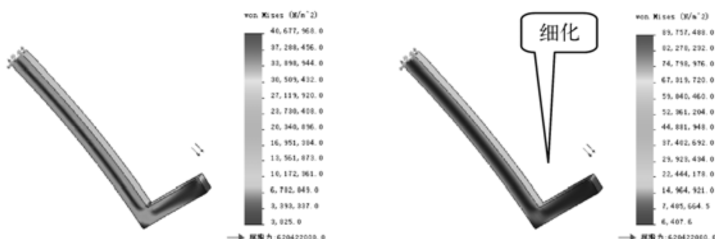
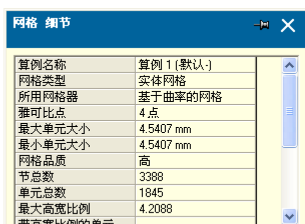


图 10-33　网格的奇异性应力比较效果

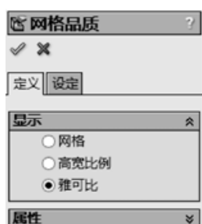
➢ 细节：打开“网格细节”窗口，如图 10-34 所示，显示当前网格划分的所有信息，包括节总数和单元总数等内容。

➢ 生成网格图解：系统默认显示“网格”化的图解信息，选择此命令，除了可显示网格化的图解信息外，还可以显示“高宽比例”和根据“雅可比”的图解信息，如图 10-35 所示。



算例名称	算例 1 (默认-)
网格类型	实体网格
所用网格器	基于曲率的网格
雅可比点	4 点
最大单元大小	4.5407 mm
最小单元大小	4.5407 mm
网格品质	高
节总数	3388
单元总数	1845
最大高宽比例	4.2088

图 10-34 “网格细节”窗口



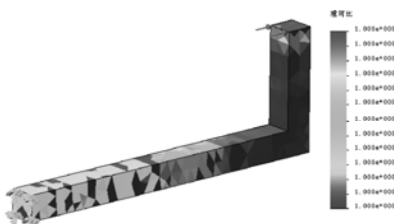


图 10-35 设置“雅可比”显示的图解网格

➢ 列举所选：列表显示所选位置处的“单元”或“节”信息，如图 10-36 所示。
➢ 探测：探测所选位置处的“单元”或“节”信息，如图 10-37 所示。

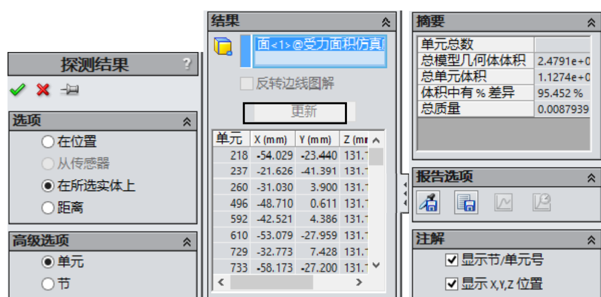


图 10-36 “列举所选”操作结果

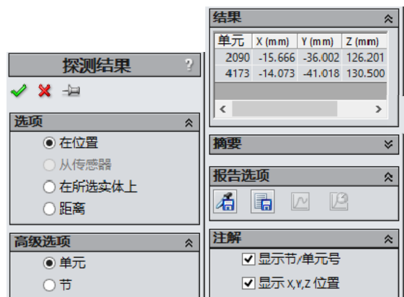


图 10-37 探测操作结果

10.4 分析结果查看

为了获得分析后的有用数据，用户需要通过很多方向来找到某个数据，而这个参看的过程是需要使用一定的工具，并掌握一定技巧的。系统主要提供了列举、观看动画、截面剪裁、图表选项、探测、设计洞察和报表等查看分析结果的工具，本节将讲述其使用方法。

10.4.1 列举分析结果和定义图解

在模型分析完毕后，右键单击“算例”树中“结果”项，选择“列举应力、位移、应变”菜单项，打开“列举结果”属性管理器，选择要列表显示的项（如“应力”），单击“确定”按钮，可以列表的形式显示模型中各节的受力状况，如图 10-38 所示。

如右键单击“结果”项后，选择“列举合力”菜单项，可打开“合力”等属性管理器，此时可选择要分析“合力”的点，然后单击“更新”按钮，查看所选点处的受力信息；选择“列举铆钉/螺栓/轴承力”菜单项，则可直接列表显示螺栓或轴承等的受力信息，如图 10-39 所示。



图 10-38　列举分析结果操作



提示

右键单击“结果”项，在弹出的快捷菜单中选择“从变形形状生成实体”菜单项，可打开“变形形状的实体”属性管理器，然后通过单击不同的按钮，可将模型的变形形状保存为零件或配置，如图 10-40 所示（不选择保存零件，零件将被默认保存到桌面）。

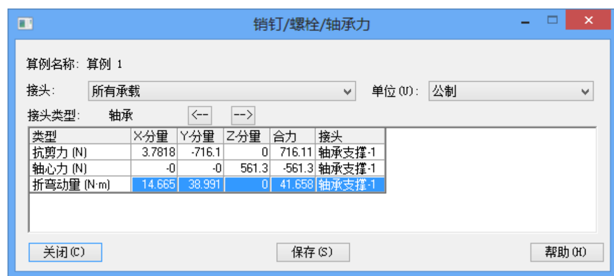


图 10-39　“铆钉/螺栓/轴承力”列表对话框

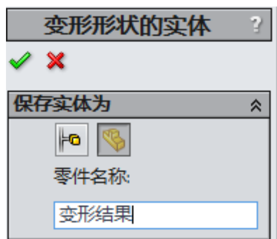


图 10-40　“变形形状的实体”属性管理器

10.4.2　观看动画

在模型分析完毕后，右键单击“算例”树中“结果”项下的任意一子项（此子项应处于显示状态），在弹出的快捷菜单中选择“动画”菜单项，可查看零件受力变形后的动画。

通过拖动“动画”属性管理器中的“速度”滑块可调整动画演示的快慢，勾选“保存为 AVI”复选框可将动画保存为 AVI 文件，如图 10-41 所示。



图 10-41　动画属性管理器

10.4.3　截面剪裁和 ISO 剪裁

在模型分析完毕后，右键单击“算例”树中“结果”项下的任意一子项（此子项应处于显示状态），选择“截面剪裁”菜单项，可通过剪裁查看模型内部的受力、位移或应力情况，如图 10-42 所示。




图 10-42　通过“截面剪裁”查看内部受力情况操作

在“截面”属性管理器中，可设置 3 种剪裁方式，分别为面、圆柱面和球面剪裁，3 种剪裁方式都需要选择以参考面等为参照，以定位截面的位置（如选择面为参照，在使用圆柱面或球面进行剪裁时，将只能在垂直于面的方向调整横截面）。

下面解释一下“截面”属性管理器中某些重要选项的意义：

- “剖面 2”卷展栏：可通过此卷展栏设置多个剖面。
- “联合”按钮：显示所有剖面信息。
- “交叉”按钮：显示所有剖面交叉区域的截面信息。
- “只在截面上加图解”复选框：只显示截面的信息，而不显示其他实体信息。
- “剪裁开/关”按钮：打开或关闭剪裁信息。



右键单击“算例”树中“结果”项下的任意一子项（此子项应处于显示状态），选择“ISO 剪裁”菜单项，可查看指定受力值、位移值等指定值的曲面（可同时生成多个曲面），以查看零件上相同值的部位，这里对此不做过多解释。

10.4.4 图表选项

在模型分析完毕后，右键单击“算例”树中“结果”项下的任意一子项（此子项应处于显示状态），选择“图表选项”菜单项，打开“图表选项”属性管理器，在其中可设置在当前图解界面上要显示的图解信息，这里简单说明如下：

- “显示选项”卷展栏：用于设置要显示的图解模块，“显示最小注解”和“显示最大注解”用于设置要显示的注解（其余选项，读者不妨自行尝试），“自动”和“定义”选项用于定义右侧“图例”的起始范围。
- “位置/格式”卷展栏：用于设置“图例”的位置。
- “颜色选项”卷展栏：用于设置“图例”颜色。

10.4.5 设定显示效果

在模型分析完毕后，右键单击“算例”树中“结果”项下的任意一子项（此子项应处于显示状态），选择“设定”菜单项，打开“设定”属性管理器，在其中可设置模型图解的显示效果，如图 10-43 所示，如勾选“将模型叠加于变形形状之上”复选框，将在模型图解效果

上叠加模型未变形前的形状（其他选项较易理解，此处不做过多说明）。



图 10-43 “设定”属性管理器和操作效果

10.4.6 单独位置探测

在模型分析完毕后，右键单击“算例”树中“结果”项下的任意一子项（此子项应处于显示状态），选择“探测”菜单项，选中在模型上的探测位置，可在打开的“探测结果”属性管理器中列表显示探测点的值（如受力值、位移值等），如图 10-44 所示。

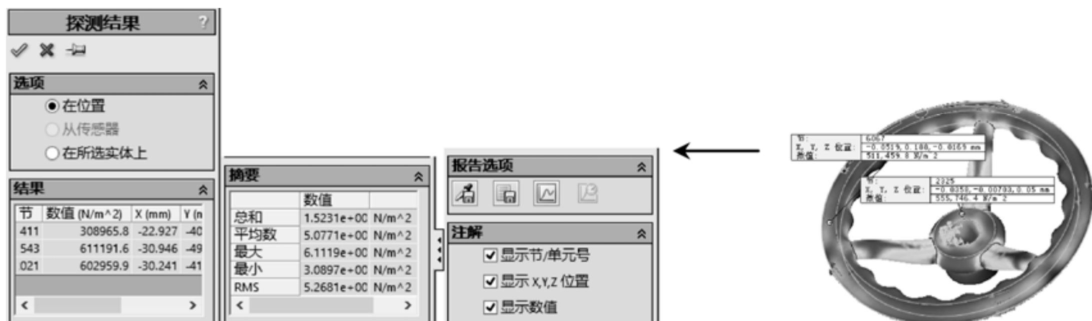


图 10-44 “探测结果”属性管理器和操作效果

下面解释一下“探测结果”属性管理器中部分选项的作用：

- “选项”卷展栏：其中“在位置”项表示探测选定位置处的值；“从传感器”是指检测“传感器” 中存储的位置处的值；“在所选实体上”是指剪裁所选实体上所有节点的值。
- “报告选项”卷展栏：“保存为传感器”按钮用于将所选点保存为传感器的检测点；“保存”按钮用于将检测结果保存为 Excel 文件，后两个选项用于生成对应的图解信息，“响应”按钮只能用于瞬时计算。
- “注解”卷展栏：用于设置在图解视图上需要显示的项。



提示

右击“结果”项下子项，选择“变形结果”快捷菜单项，可查看或取消参看当前图解视图的变形效果。

10.4.7 设计洞察

单击“CommandManager”工具栏“Simulation”标签栏下的“设计洞察”按钮，可查看当前视图的设计洞察效果，如图 10-45 所示。“设计洞察”用于突出显示零件中受力的分布状况，实体为主要受力区域，半透明的部分受力较少，在生产时可以考虑较少用料。拖动“设计洞察”属性管理器中的滑块可调整有效载荷的分界点。

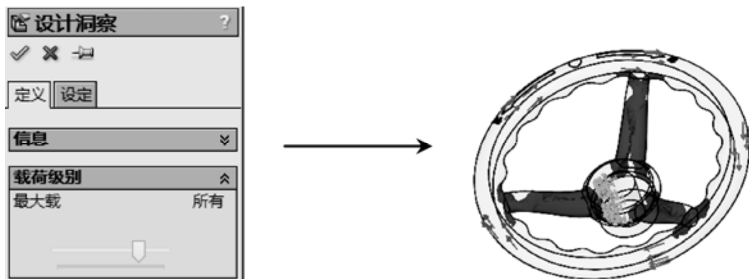


图 10-45 “设计洞察”属性管理器和操作效果

10.4.8 报表的取得和编辑

单击“CommandManager”工具栏“Simulation”标签栏下的“报表”按钮，打开“报表选项”对话框，在此对话框中设置报表输出的项目，以及公司信息和输出路径等，单击“发布”按钮，可将设计信息输出为 HTML 或 Word 格式的设计报告，以方便演示、查阅或存档。

在“报表选项”对话框的“报表分段”栏中可设置“报告”中主要主题的组成部分，主要包括封页、说明、假设、模型信息、算例属性、单位、材料属性、载荷和约束等。选中后可对分段信息进行编辑。

实例精讲——“扭矩限制器”受力分析

扭矩限制器又称安全离合器（或安全联轴器），常用于安装在动力输出轴与负载的机器轴之间，当负载机器出现过载故障时（扭矩超过设定值），扭矩限制器会自动分离，从而可有效保护驱动机械（如内燃机、电动机等）以及负载。

常见的扭矩限制器形式有摩擦式扭矩限制器和滚珠式扭矩限制器，本实例讲述反应较为灵敏的滚珠式扭矩限制器的设计和有限元分析方法。

滚珠式扭矩限制器，如图 10-46 所示，内置滚珠机构，通过碟形弹簧的压缩量调节过载扭矩，可在过载瞬间使主被动传动机械脱离。滚珠式扭矩限制器，在消除过载后，需要手动或使用其他外力使限制器复位。

【制作分析】

本实例的结构有些复杂，为了能够快速准确地计算出需要的数值，在进行有限元分析前，将首先对模型进行理想化处理，然后设置模型材料、添加夹具、力等元素，然后进行分析，得到分析结果，如图 10-47 所示。在分析完成后，本实例的重点是对有限元分析结果的参看，

将通过观看动画和设置图表选项等方式，观测零部件的受力状况。

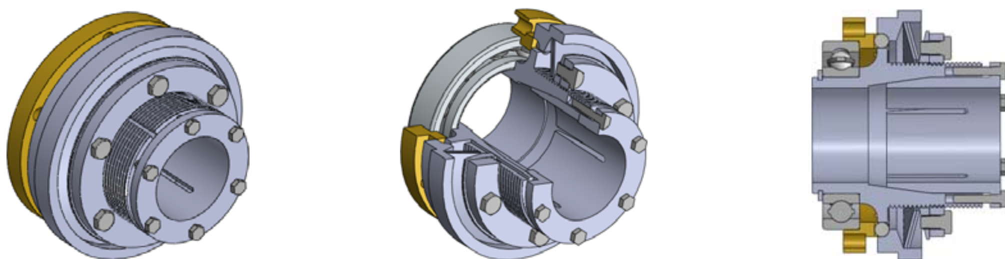


图 10-46　滚珠式扭矩限制器装配图和剖视图

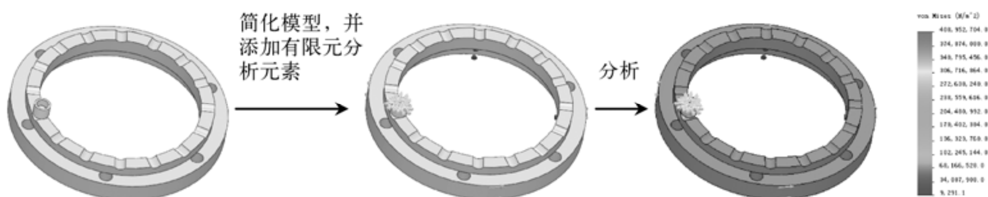


图 10-47　对滚珠式扭矩限制器的分析操作流程

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“简化装配模型.SLDASM”，如图 10-48 所示，启用 Simulation 插件，单击“Simulation”工具栏中的“新算例”按钮，创建一新的“静态”有限元算例。

STEP 2 右键单击“算例”树中的“零件”项，在弹出的快捷菜单中选择“应用材料到所有”菜单项，打开“材料”对话框，为所有零部件选用“锻制不锈钢”材料（SolidWorks 材料库中未提供钢珠常用的轴承钢材料，此处权且选用此材料），如图 10-49 所示。

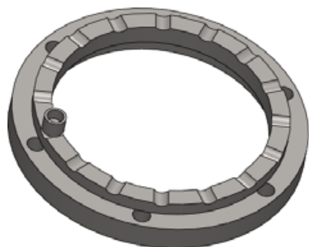


图 10-48　添加新算例操作

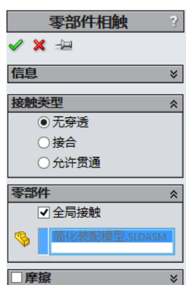


图 10-49　设置材料效果

STEP 3 右键单击“算例”树中“连结”项下的“全局接触”项，选择“编辑定义”快捷菜单项，打开“零部件相触”属性管理器，设置接触类型为“无穿透”，如图 10-50 所示。

STEP 4 右键单击“算例”树中“夹具”项，在弹出的快捷菜单中选择“轴承夹具”菜单项，打开“夹具”属性管理器，然后选择“连接法兰”的内表面为轴承连接面，并取消

“允许自我对齐”按钮的选中状态，添加轴承夹具，如图 10-51 所示。





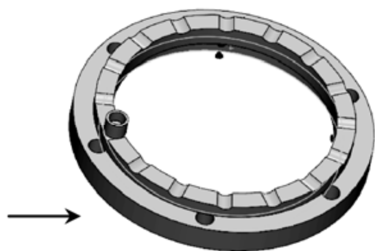


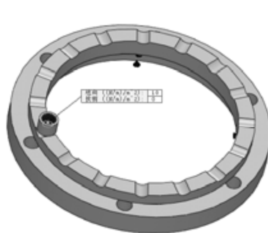


图 10-50　设置零部件的接触关系　　　　　图 10-51　添加轴承夹具操作

STEP 5 右键单击“算例”树中“夹具”项，在弹出的快捷菜单中选择“弹性支撑”菜单项，打开“接头”属性管理器，然后选择“简化钢珠”的上表面为弹性支撑的压载面，并设置“弹性支撑”法向系数为 10N/s，用于模拟蝶形弹簧，如图 10-52 所示。

STEP 6 右键单击“算例”树中“夹具”项，在弹出的快捷菜单中选择“固定几何体”菜单项，选择“珠套”的上表面固定面，将“珠套”固定，如图 10-53 所示





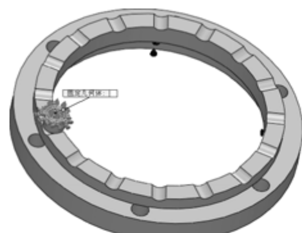


图 10-52　设置“弹性支撑”操作　　　　　图 10-53　设置固定夹具操作

STEP 7 右键单击“算例”树中“外部载荷”项，在弹出的快捷菜单中选择“扭矩”菜单项，选择模型外表面力矩的面（内表面为方向参照面），添加一扭矩，如图 10-54 所示。

STEP 8 右键单击“算例”树中的“网格”项，在弹出的快捷菜单中选择“生成网格”菜单项，使用默认值划分网格，如图 10-55 所示。





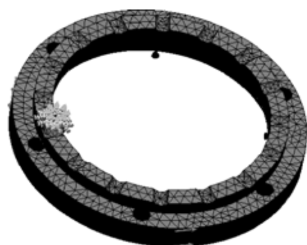


图 10-54　添加扭矩操作　　　　　图 10-55　划分网格操作

STEP 9 右键单击“算例”树中的“算例 1”项，选择“运行”按钮，进行仿真分析，效果如图 10-56 左图所示（右图为此时的算例树效果）。

STEP 10 右键单击“算例”树中“结果”项下的“位移 1”项，在弹出的快捷菜单中选择

“显示”菜单项，显示位移效果，然后再右击“位移 1”项，在弹出的快捷菜单中选择“动画”菜单项，以动画形式显示位移效果，如图 10-57 所示。



图 10-56　模型受力分析结果和算例树

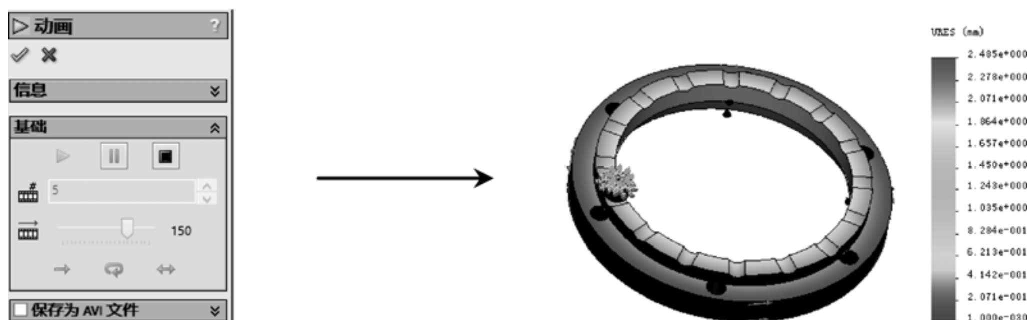


图 10-57　动画展示操作和位移动画效果

STEP 11 右键单击“算例”树中“结果”项下的“应力 1”项，选择“显示”菜单项，显示应力效果，然后再右击“应力 1”项，在弹出的快捷菜单中选择“截面剪裁”菜单项，选择上视基准面，并平移 18，参看截面受力效果，如图 10-58 所示。

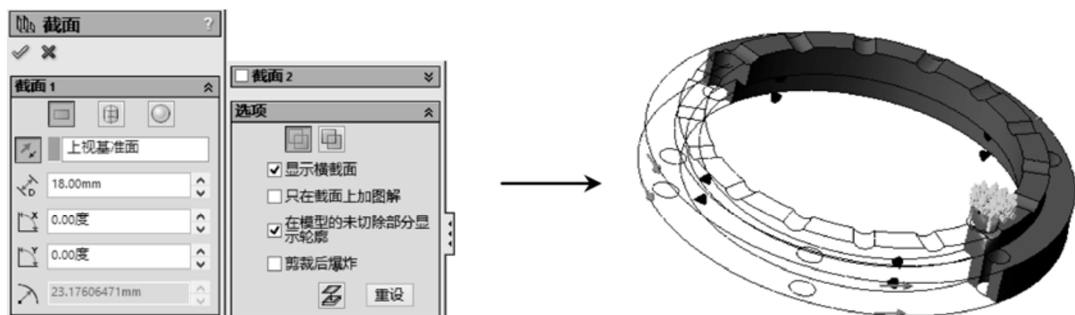


图 10-58　设置“截面剪裁”操作和操作效果

STEP 12 在图 10-58 左图所示的“截面”属性管理器中单击“剪裁 开/关”按钮，关闭截面剪裁效果，然后右键单击“应力 1”项，在弹出的快捷菜单中选择“ISO 剪裁”菜单项，设置剪裁等值为“1750000”，查看剪裁效果，如图 10-59 所示。

STEP 13 在图 10-59 左图所示的“ISO 剪裁”属性管理器中单击“剪裁 开/关”按钮，关闭 ISO 剪裁效果，然后右击“应力 1”项，选择“图表选项”菜单项，打开“图表选项”

属性管理器，勾选“显示最小注解”和“显示最大注解”复选框，在“应力”视图中显示出模型最小和最大受力点的位置，如图 10-60 所示。

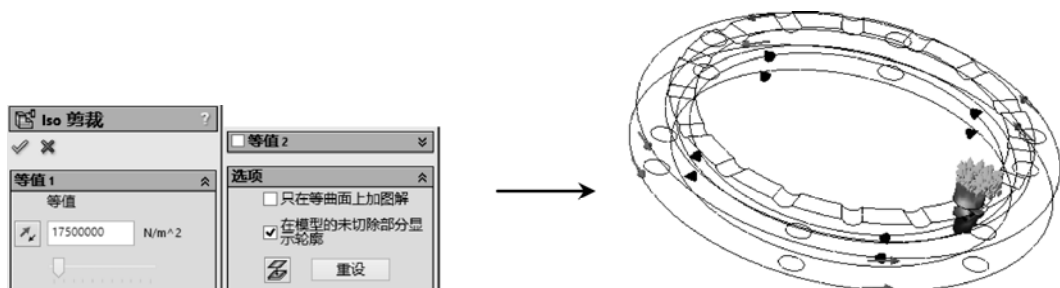


图 10-59　设置“ISO 剪裁”操作和操作效果

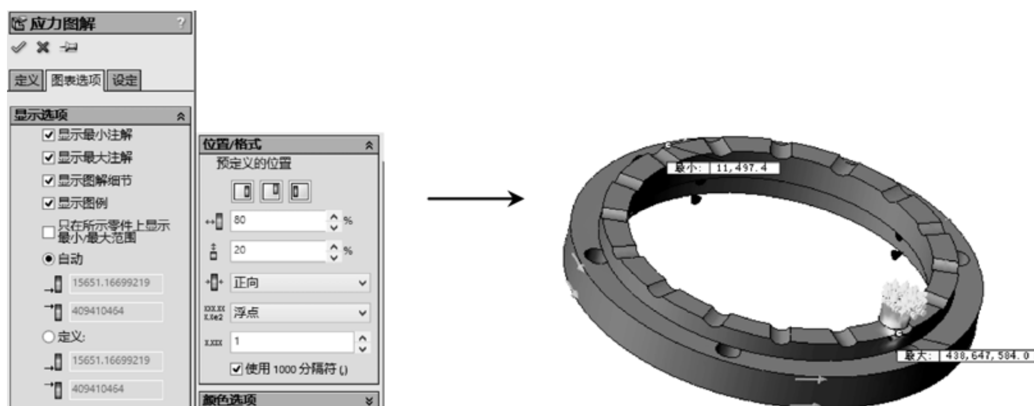


图 10-60　设置“图表选项”操作和效果

STEP 14 右键单击“应力 1”项，在弹出的快捷菜单中选择“探测”菜单项，然后选择钢珠靠近“连接法兰”受力点的位置，查看钢珠此点处受力状况，如图 10-61 所示。



图 10-61　探测钢球受力情况操作

STEP 15 单击“CommandManager”工具栏“Simulation”标签栏下的“报表”按钮，打开“报表选项”对话框，在“报表分段”栏中选择要报表输出的项目，在标题信息栏中设置公司信息，单击“发布”按钮，可输出当前文件的报表信息，如图 10-62 所示。

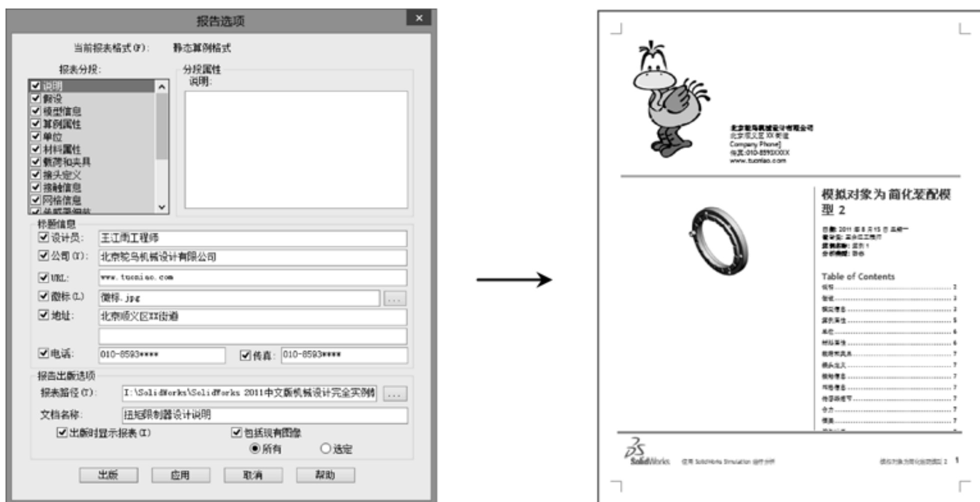


图 10-62　生成报表操作和报表效果

10.5　本章小结

本章主要介绍了“静力的有限元分析操作”，“静力分析”很具代表性，它是有限元分析的一个重要模块，也是最常使用的分析模块，熟练操作后，有助于其他分析功能的掌握（本书下一章将介绍 Simulation 的其他分析功能）。

10.6　思考与练习

一、填空题

（1）Simulation 是一款基于________分析技术（FEA）的设计分析软件。

（2）SolidWorks 还提供有另外一款有限元分析软件——SolidWorks Flow Simulation，其主要用于________________。

（3）Simulation 有限元分析共提供了 9 种有限元分析方法，其中_________算例是最常使用的分析算例。

（4）_________接触面组用于定义面间不能互相穿透，但是允许滑移，较接近于真实的物体接触，但是计算较耗时。

（5）_________用于定义类似合页的固定轴。

（6）可设置三种查看受力截面的方式，分别为_____、_______和___________。

（7）可“探测”三类位置的值，分别为_________、_______和___________。

（8）_____________用于突出显示零件中受力的分布状况，实体为主要受力区域，半透明的部分受力较少，在生产时可以考虑较少用料。

二、问答题

（1）试解释“静态”分析中“静”字的主要含义。

（2）在设置零件载荷时，“按条目”和“总和”的力，有何区别？

（3）列举有限元分析中较常用的 3 个接触关系，并分别解释其含义。

（4）夹具中的“固定铰链”与连结中的“销钉”有何区别？

（5）应如何查看零部件内部的受力或位移状况？试简述其操作。

（6）通过“图表选项”可设置哪些图解信息？试列举常用的几项。

三、操作题

（1）使用本章提供的素材文件，进行有限元分析，观察在受到 1N • m 的力矩作用下的应力情况，如图 10-63 所示。

（2）使用提供的素材文件，结合本章所学知识，完成图 10-64 所示有限元分析，观察在受到 500N 压力下，底部杆的受力情况。

（3）打开本章提供的素材文件，对“叉架”模型进行有限元分析，并通过各种手段查看模型的受力状况，如图 10-65 所示。

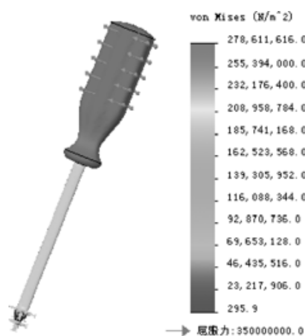


图 10-63　改锥模型受力分析结果



图 10-64　需进行分析的升降台

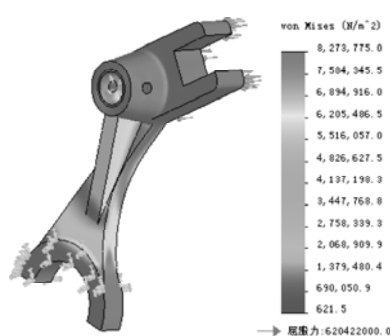


图 10-65　叉架模型受力分析结果

第 11 章　其他有限元分析

本章要点

- 频率分析
- 屈曲分析
- 热力分析
- 跌落测试分析
- 疲劳分析
- 非线性分析
- 线性动力分析
- 压力容器设计分析

学习目标

除了上一章讲述的静力有限元分析之外，SolidWorks Simulation 有限元分析模块还可以进行更多的分析，以对模型进行更多的验证。如使用跌落分析找到零件跌落时的易损位置；使用非线性分析验证零件发生屈服后的受力情况；使用线性动力分析验证发生地震等意外情形时模型是否会损坏等。

11.1　频率分析

每种物理结构都会有其固有的振荡频率。频率分析用于找出模型的这些固有频率，其用途可以检测所设计机器的多个零部件间是否存在共振，或者利用共振现象生产音乐器材、夯土机等。

在进行频率分析时，可以不添加载荷，也可根据需要设置或不设置支撑，只需设置材料，然后进行分析，即可得到模型固有的几种频率模式，如图 11-1 所示。



事实上，“频率分析”也是需要划分网格的，只不过，上面使用了默认的网格设置，在进行分析时候，可以发现系统仍然进行了网格划分的操作，当然，如果用户需要设置自定义的网格，或需要更加精确的频率分析结果，也可以自定义划分网格。

频率分析中的位移实际上是没有实际意义的，位移结果只能代表相同振动频率下模型不

同位置上振动的相对大小，因为模型实际的振动幅度与激励模型振动的初始激励力有关。

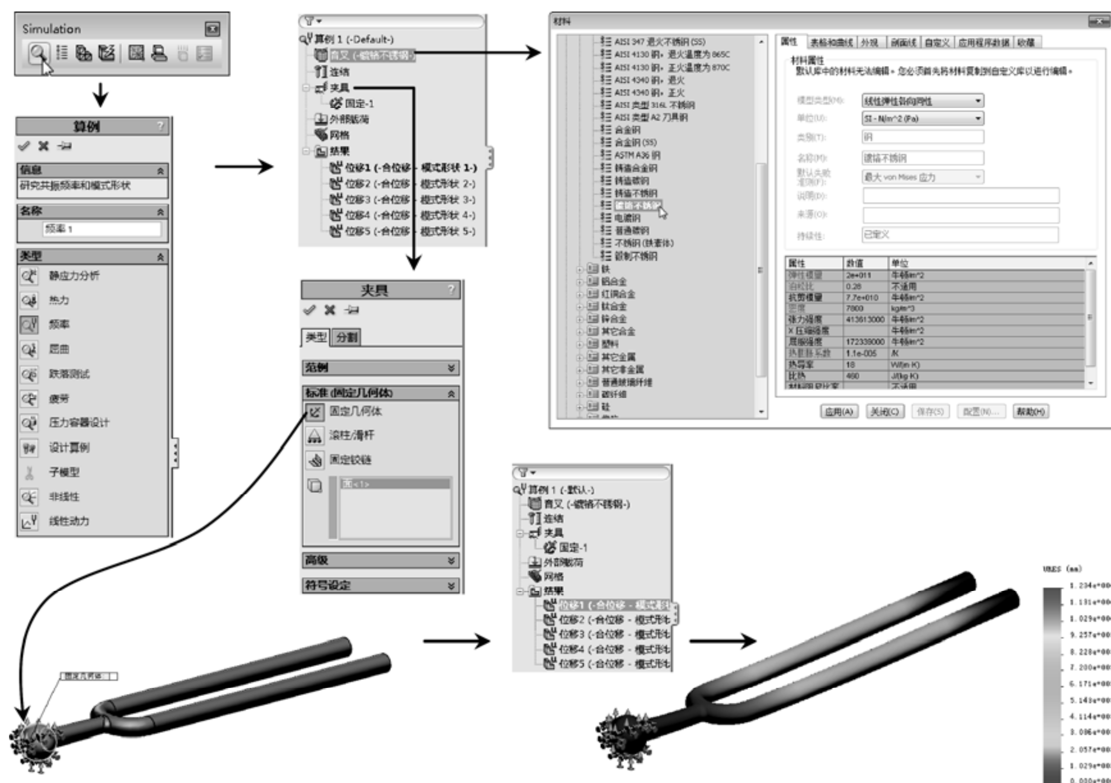


图 11-1 “频率分析”操作



为什么同一个物体会存在多种振荡频率？因为振荡的方向与振荡的形式不同，就像可以令音叉竖向振动，还可以令其横向振动一样，横竖向振动时，由于参与振荡的物理量不同，所以就会产生不同的振荡频率。

11.2 屈曲分析

当一个较长的材料，如拐杖，在受到轴向载荷的作用下时，如图 11-2 所示（此处为 1000N，相当于 100 多 kg），可以在小于其屈服系数的前提下发生扭曲（即不可自动恢复的弯曲）。

通过屈曲分析（即线性扭曲分析）可以计算出某材料的模型在发生屈服之前，是否已经产生了不可恢复的扭曲。如支撑凳子的蹬腿，较长的杆状支撑体等，都可能发生屈曲，所以需要用到屈曲分析。

在进行屈曲分析时，设置好夹具、力和外部载荷，然后进行分析即可，如图 11-2 所示。

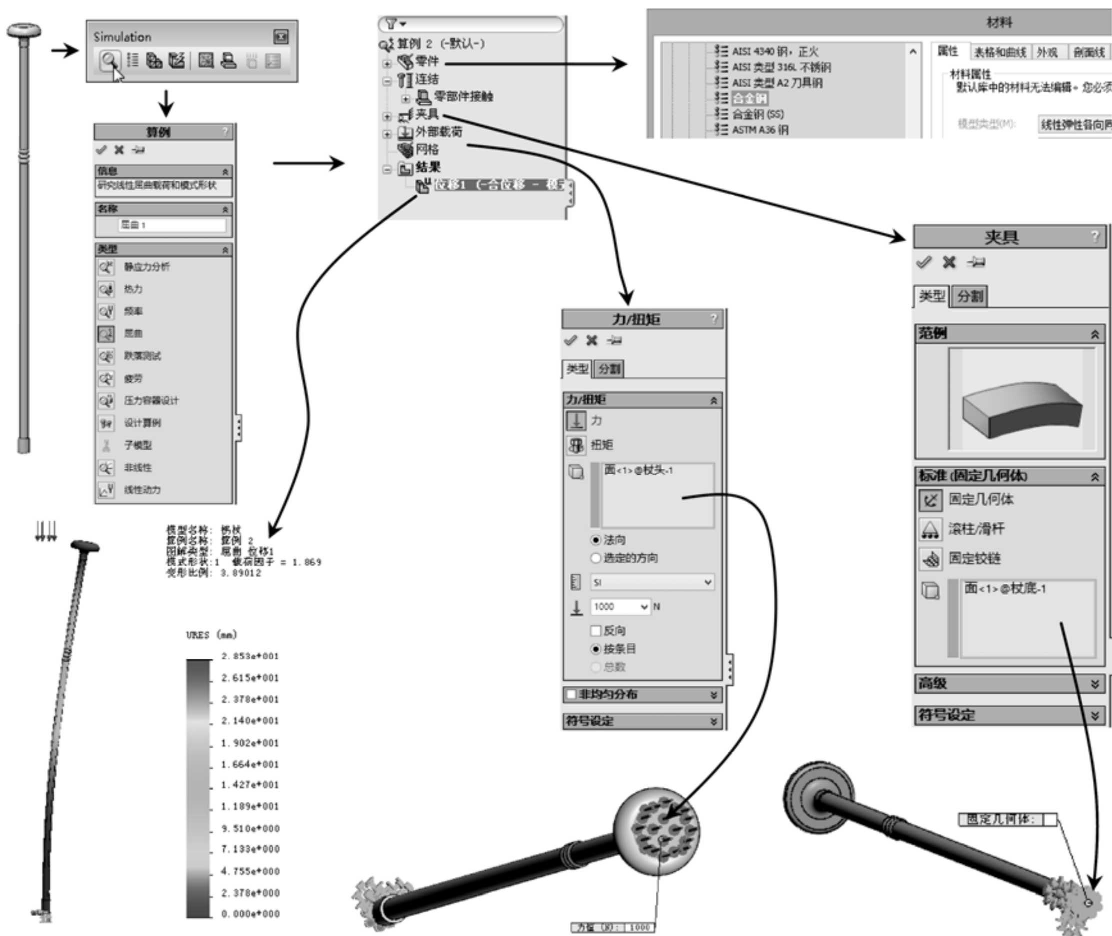


图 11-2 “屈曲分析”操作

屈曲分析完成后，会显示分析结果，其中图解的是位移量，文字中的载荷因子用于说明是否发生了屈曲（大于 1 和小于 0 时，无屈曲）。

屈曲分析完成后，系统会显示一图解，此图解显示的是所分析模型的位移量（但是此位移量并不具备实际意义，而仅可以理解为结构在发生屈曲分析、屈曲失效时，变形的形状），而通常可以通过分析后所显示文字中“载荷因子”的大小来判断，在此压力下，此物体是否发生了屈曲。

为什么通过“载荷因子”可以判断出，在此压力下，物体是否会发生屈曲呢？先来看一下“载荷因子”：

$$载荷因子=\frac{屈曲载荷}{所添加的载荷}$$

观察此公式不难发现，当“屈曲载荷”大于“所添加的载荷”时，即表示添加的载荷还未达到能够令模型发生屈曲的量（“载荷因子”大于 1），所以此处被分析的模型理论上是不会发生扭曲的。

11.3 热力分析

热力分析主要用于分析某一稳态下，在一热源的作用下，发热件和受热件上的温度分布状况。

如图 11−3 所示，可用其进行计算机桥片和散热片的热力分析操作。

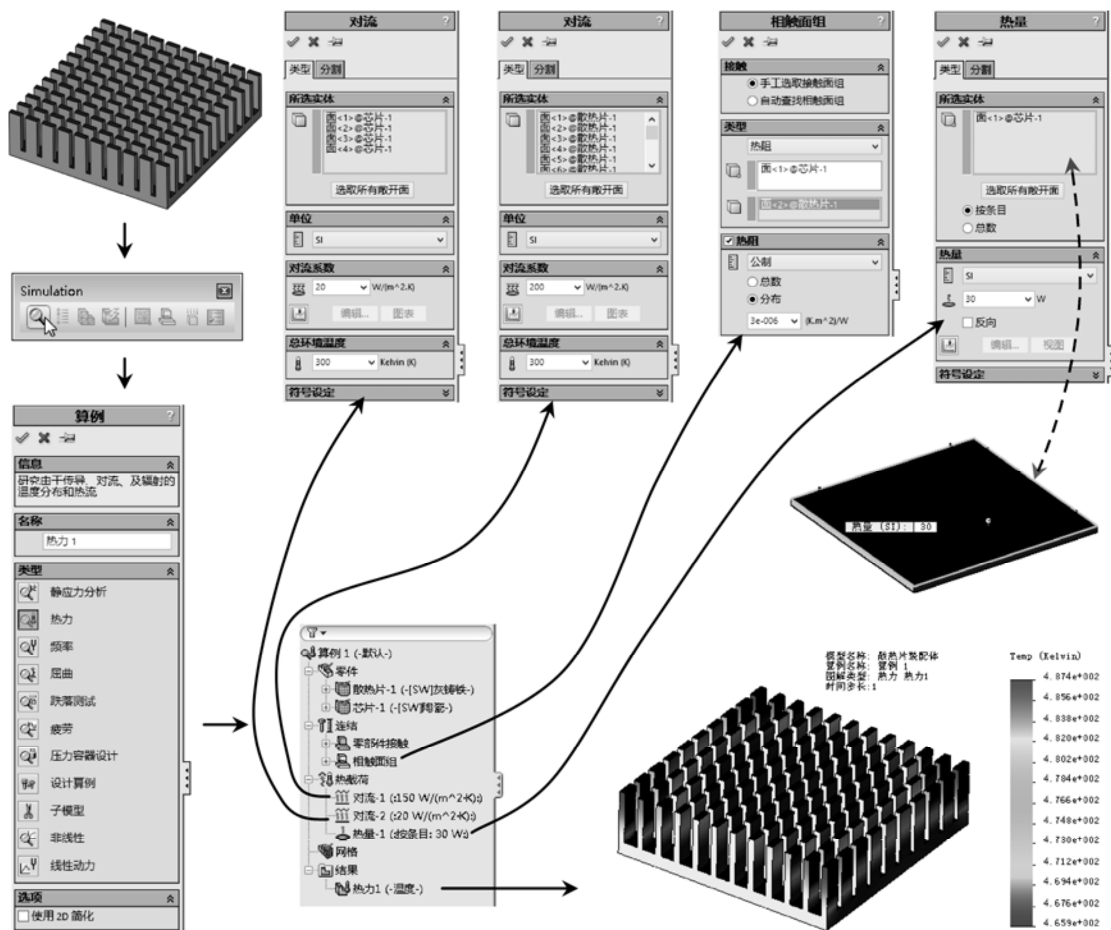


图 11−3 “热力分析”操作

其中桥片（芯片）模型材料选用陶瓷，散热片选用铸铁，桥片和散热片件的接触关系为“热随”（模拟导热胶），分布热阻为 3×10−6 K*m^2/W，此外需要设置散热片和桥片的对流参数，及桥片的发热瓦数（30W）。

即可通过分析得出此种状态下，桥片的最高温度为 487−273=115℃（温度太高，需要采取降温措施）。

右击算例树中的“热载荷”项，选择“对流”菜单，可以打开“对流”对话框，以为模型添加对流热载荷。对流主要是设置了模型外表面空气（或其他介质）的对流状况（对流系数，即外部介质的热传导速度，无风扇下，此系数多小于 25W/m^2*K，有风扇时，在 20 到 300

之间，其余介质，可查考其他专业书籍），以及环境温度。



> 分布热阻为什么大小选用 3 × 10−6 K*m²/W？因为分布热阻为介质（此处为导热胶）热传导系数（即传热系数）的倒数，而导热胶的传热系数大概为 330000W/K*m²（此值与材料有关），所以此处选用此值。

此外，由于此分析得出在此散热片作用下，桥片的温度仍然过高，为了防止桥片被烧毁，可以尝试在桥片散热风扇上部添加散热风扇。

此时，只需要更改散热片“对流”的对流系数即可，如改为 200 W/m²*K，然后重新进行分析，可以发现，此时的桥片的最高温度降低为 54℃，已达标，不会令芯片烧毁了（可见添加散热风扇是非常必要的，也是可取的措施）。

11.4　跌落测试分析

Simulation 可以对跌落进行较简单的验证，只需设置材料，再在“设置”项中设置“跌落测试设置”参数，主要包括跌落高度、引力方向和目标的摩擦系数等参数，即可进行跌落分析，如图 11-4 所示。



图 11-4　“跌落测试”模型树和操作效果

如图 11-4 中图所示，在“跌落测试设置”属性管理器中共可设置两种测试方式，一种是“落差高度”方式，另一种是“冲击时速度”方式，在操作时，根据需要设置即可；此外“目标”栏用于设置跌落面的状况，如“刚度目标”可用于模拟较硬的地面（大理石地面），“灵活目标”用于模拟软一些的地面（如模拟草地等，可进行更多的设置，如可设置草地厚度），⇆为地面的摩擦系数；“接触阻尼”是指接触面的阻尼，此值越大对零件的撞击越小；“符号设定”只是用于设置表示跌落方向符号的颜色，无实际意义。

跌落测试树的“结果选项”项，主要用于设置“冲击后的求解时间”，如图 11-5 所示。“冲击后的求解时间”是指模型碰到地面后的一段响应时间（通常为几十 μs），此值越大计算越耗时。

通常系统会自动计算出此值，无需重新设置，如在分析时，系统根据此值估算的求解时间过长（超过一个小时），则会给出提示，建议缩小此值的时间，如图 11-6 所示。

当然“冲击后的求解时间”越长，实际上计算出来的值越准确，当此值足够长时，可模

拟多次碰撞和反弹的效果）。



图 11-5 “结果选项”属性管理器

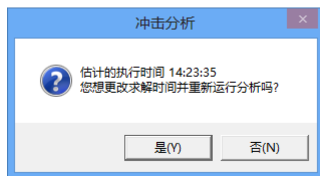


图 11-6 “冲击分析”对话框

此外，“结果选项”属性管理器中，“保存结果”卷展栏主要用于设置在什么时间点开始保存分析的图解结果（因为跌落分析是分析的一段时间，所以只能选取某个时间点来图解受力效果），以及时间间隔的个数。

11.5 疲劳分析

当物体总是处于加载载荷和卸载载荷的交变过程时，即使物体所承受的载荷低于其屈服强度（即在应力许可的范围之内），但是当载荷无限制的施加和卸载时，物体不可避免的也会损坏，也就是发生了疲劳。

本节就来讲述使用 SolidWorks Simulation 分析模型疲劳特征的操作，以获得模型的耐疲劳次数、易损位置等数据，为零件制造提供参考。

要进行疲劳分析，需要首先分析模型上受到的交变力。因此，在执行疲劳分析之前，首先需要执行其他分析，如静应力分析、热力分析等，可以添加一个或多个，然后 Simulation 疲劳分析，可以将这些载荷复合到一起，统一计算处最终的疲劳效果。

下面讲解疲劳分析的具体操作。假设此篮筐模型，如图 11-7 所示，总是受到一个交变的作用力（只受一个作用力），所以在执行疲劳分析之前，只需要先创建一个静应力分析，设置模型材料为“合金钢”，固定和施加力的位置如图中所示，外部载荷的大小为 1000N，然后执行分析操作即可。

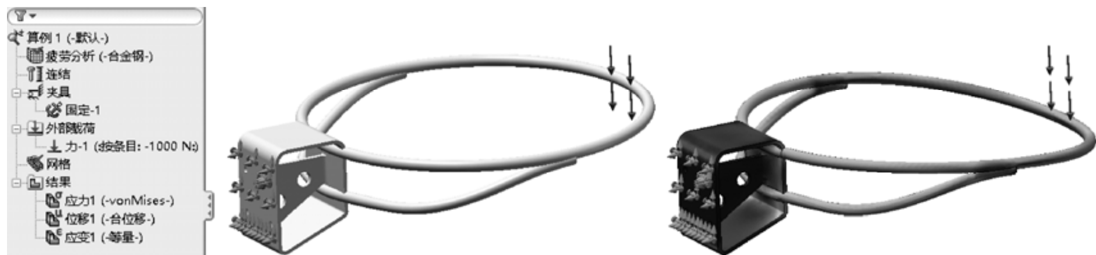


图 11-7 首先创建的静应力分析和分析效果

完成“静应力分析”后，再次创建分析，选择“疲劳”和“已定义周期***”按钮，创建疲劳分析，如图 11-8 左上图所示，然后设置材料的“疲劳 SN”曲线（见下面“提示”），

并添加“负载事件”（“负载事件”主要用于设置添加载荷的次数，即设置疲劳分析，计算在此次数下，模型的损坏情况，此处设置的值为 10000 次），然后即可执行分析操作，可默认得到“损坏”图解和“生命”图解两个图解效果，如图 11-8 所示。

下面解释一下两个图解的意义，先看“损坏”图解，如图 11-8 下面中图所示，由此图可以看出，在 10000 次 1000N 交变力的作用下，模型的最大损坏百分比为 4.274%（损坏并不大）；再看“生命”图解，如图 11-8 下面右图所示，由此图可发现，在 1000N 交变力的作用下，模型的耐受次数，最少为 233900 次（此时，最易损的位置损坏）。



提示

> 什么是“疲劳 SN”曲线呢？实际上“疲劳 SN”就是交变应力和材料发生疲劳损坏周期之间关系的一个表格，它主要由材料性质决定，即材料不同，“疲劳 SN”曲线肯定差异很大。“疲劳 SN”具体采用什么值，可由实际测试获得，或者由材料商提供的材料手册等获得。

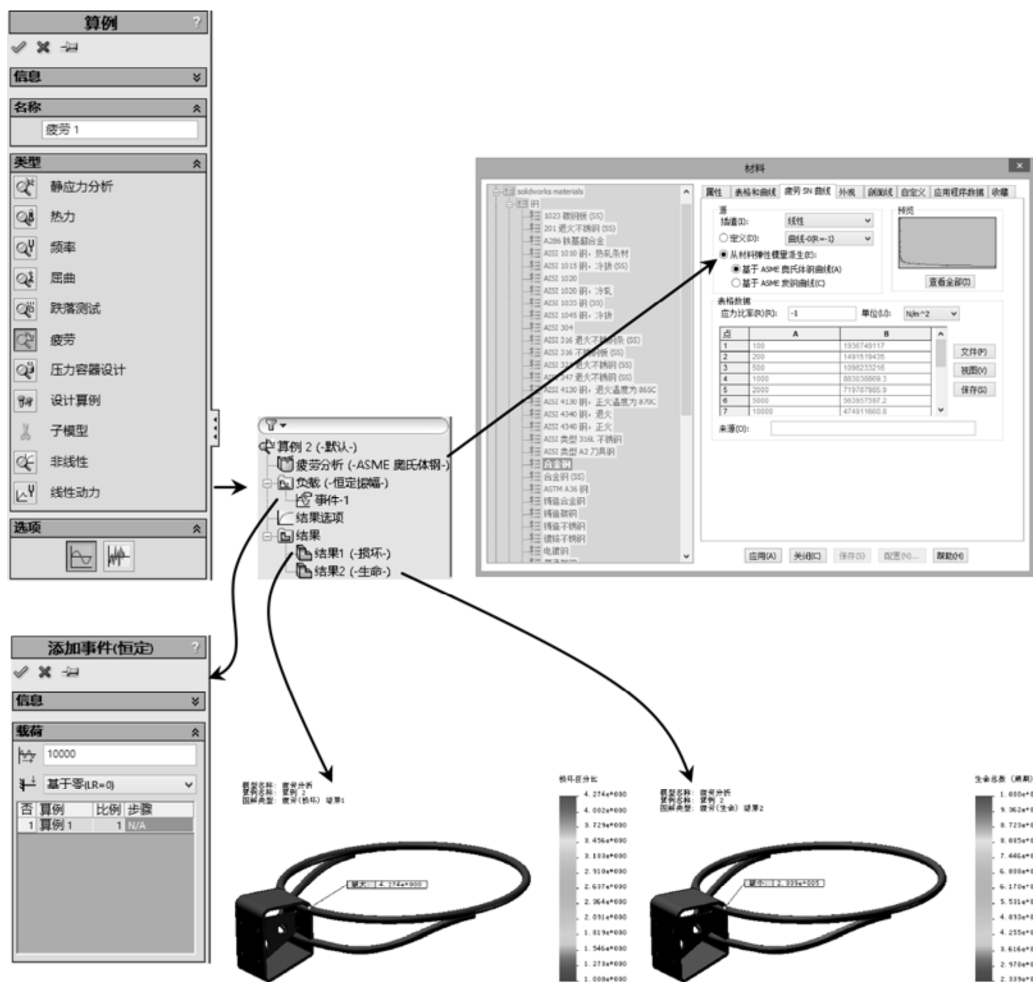


图 11-8 “疲劳分析”操作和分析结果

此外，当有多个复合的作用力时，要同时添加到疲劳分析中进行分析时间，可右击算例树中的“负载”项，为算例添加多个疲劳事件，一个事件可对应一个应力的其他算例，如图11-8 左下图所示（其中列表中，有个“算例 1”项，即是设置对应关系的地方，后面可设置疲劳分析时，考虑此应力的比例，上面“基于零***”，是指此力从零开始添加，另外也可设置其他值）。



如图 11-8 右上图“算例”属性管理器所示，在实际上操作时，还可以选择“可变高地幅度***”按钮创建另外一种疲劳分析算例，此算例用于分析“变幅载荷”情况（上面算例分析的是“等幅载荷”情况）。变幅载荷下，载荷事件多为一个载荷幅度不定的历史值（如实际的测试值），即变载荷曲线，此处不做过多叙述。

11.6 非线性分析

“非线性分析”实际上与“静应力分析”的操作步骤基本相同，它只是分析的情形不同。“静应力分析”多是用在模型未发生屈服、未出现大位移的情形下，而“非线性分析”则多用在模型发生了屈服并出现了大位移的情形。但是它们的分析步骤几乎相同，如图 11-9 所示，打开模型后，创建“非线性”算例，设置材料后为模型添加“夹具”和“力”，即可执行分析操作，分析后默认也是得到三个结果项。

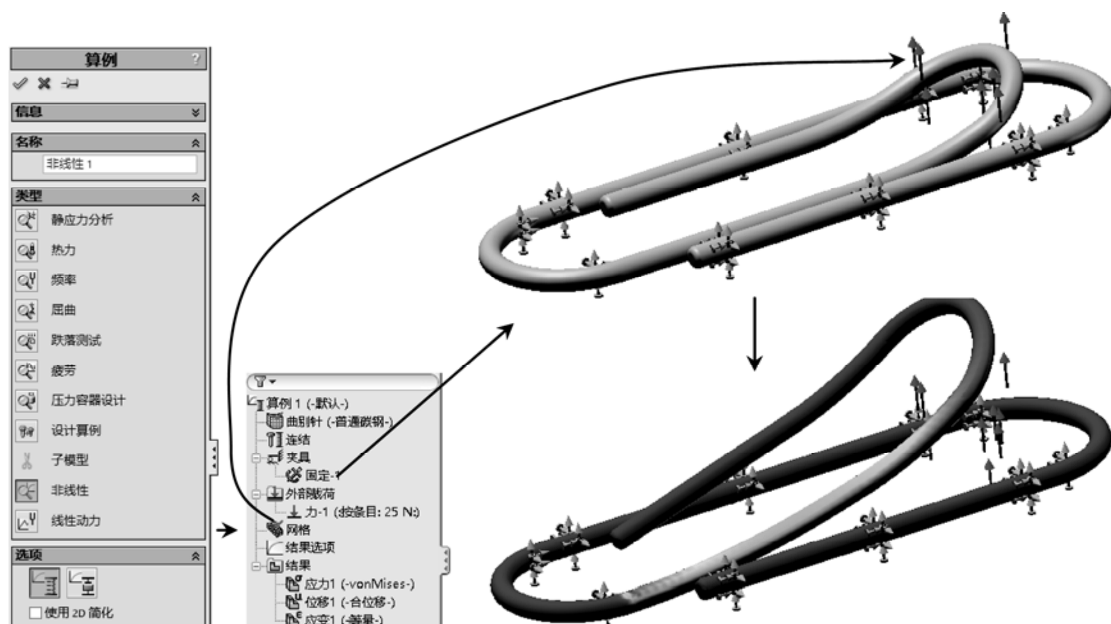


图 11-9 “非线性分析”操作和分析结果

如图 11-9 左图所示，在创建“非线性”算例时，在选项卷展中，有两个选项可供选择，其中选中“静应力分析”按钮，表示此“非线性”分析，所添加的为单存的作用力（不考



虑惯性等其他因素）；而“动态”则表示所添加的为一个动态的力，分析时会考虑惯性和阻尼等因素。



> 动态的概念确实不易理解，这里举一个简单的例子，比如用一根橡皮筋在桌面上拉动一个木块前进，在施加力的开始阶段，可能就不能不考虑惯性和阻尼的因素（关于动态，在 11.7 节还会讲到）。

11.7　线性动力分析

“线性动力”分析实际上应该为“线性动态分析”，因为它主要是用来解决动态问题的，即是在分析时，当需要考虑惯性和阻尼的作用时，即需要使用这种分析。

如一辆吊车在 0.2s 内，将一个重 10t 的物体吊起来，在这个过程中，重物肯定会有一个上升的速度，然后当吊车的牵引装置不发生作用时，重物才会慢慢稳定下来，再慢慢停在某个高度。实际上，这个过程，就是同时有惯性和阻尼的作用。

下面讲解上面吊车吊重物的线性动力分析操作。如图 11-10 所示，实际上线性动力分析的算例树并不复杂，比“静应力”分析的算例树只是多了一个“阻尼”项。所以在操作时，除了设置材料、添加夹具和作用力外（可参考图 11-11 左图，力的大小为 100000N，约等于 10t），额外需要设置的，一个是设置“阻尼”（两个选项，“模态阻尼”需要设置“阻尼比率”，钢材的“阻尼比率”可取 0.03）；另外一个就是设置动态“时间范围”（按照需要此处设置为 0～0.2s）。

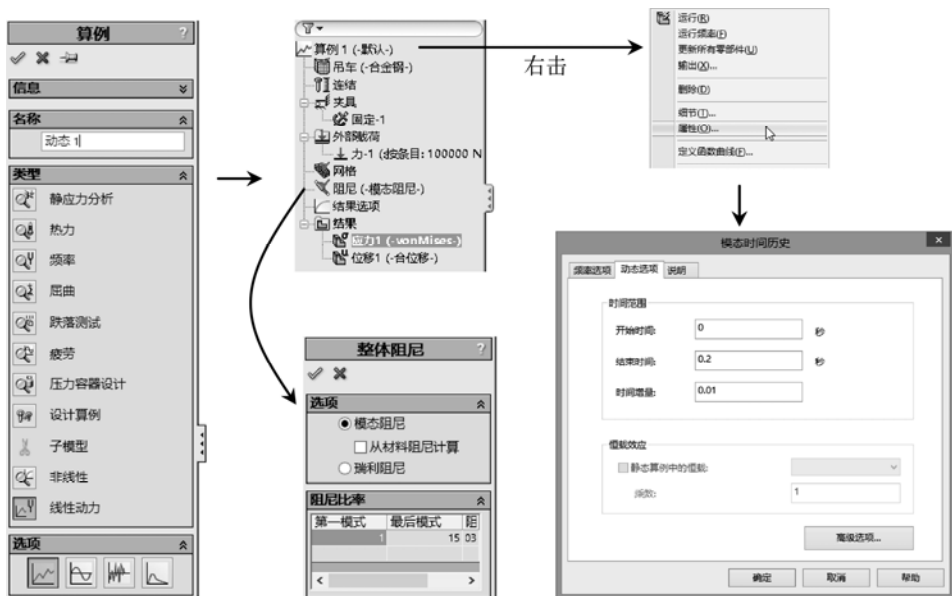


图 11-10　“线性动力分析”中主要需要设置的选项

然后即可执行分析操作，分析完成后可得到图解，如图 11-11 右图所示。

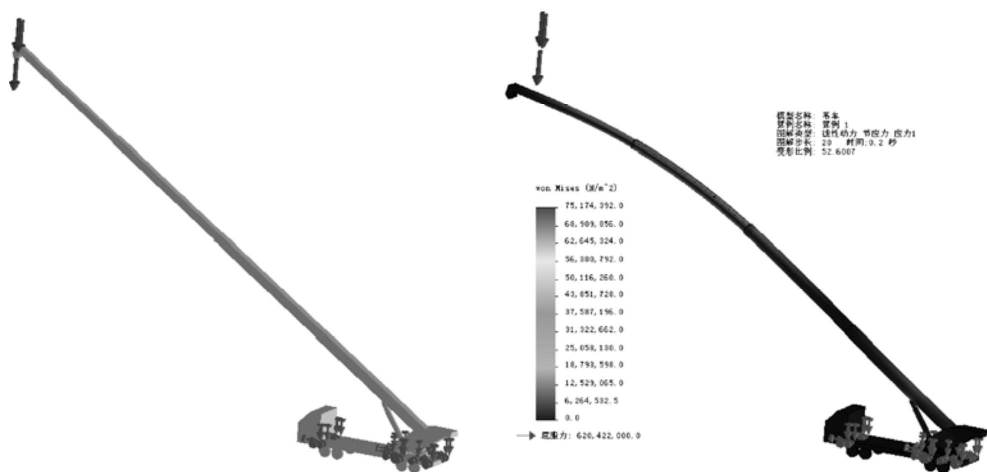
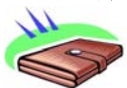


图 11-11 “线性动力分析”操作和分析结果

在分析完成后，默认可得到“应力”和“位移”图解，观察“应力”图解可发现，在吊车吊起此物体的过程中，吊车所受到的最大作用力仍远远小于其屈服力。所以，可理解为，在理想情况下，吊车可轻易吊起此物体。

关于图 11-10 右图所示的“模态时间历史”对话框，这里再做一下解释。同样是此模型，如将作用的时间范围更改为 0～10s，时间增量设置为 0.2s，重新执行分析后，会发现此时吊车所受到的最大作用力已经接近于其屈服强度。为什么会这样呢？因为在 10s 内（或上面的 0.2s），吊车所受到的是一个 100000N 的惯性和阻尼，不断交合作用的一定频率的力（而且可能产生共振），所以时间越长，吊车损坏当然越大。从此点上也可以看出，线性动态分析的重要性（虽然实际过程中，此模型下，这个力不可能作用这么长时间）。

此外，如图 11-10 左图所示，在创建“线性动力”分析时，在选项卷展栏中共有 4 个选项，上面操作中选用的是“模态事件历史”按钮，此模式适合可以将载荷定义为时间的函数的情况；“谐波”用于分析在惯性和阻尼的某个频率内（如 0～100000Hz），得到频率稳态下的响应情况；“无规则的振动”可模拟地震和空气乱流等形成的压力；“响应波谱分析”用于将已知载荷的波普导入，然后进行分析。



在图 11-10 右图对话框中，时间范围中的“时间增量”是什么意思？因为“动态分析”分析的是一定时间范围内，模型的动态受力效果，系统不可能记录每一个时间点处的图解（如应力图解），所谓“时间增量”就是在这个时间点处，记录模型的图解效果，如分析的总时间长度为 10s，时间增量为 0.2s，那么就是记录 50 个图解效果（Simulation 称其为“步长”）。完成分析后，编辑定义图解可查看不同时间点处的不同图解，如图 11-12 所示。

关于“模态阻尼”和“瑞利阻尼”，请参考相关动力学的书籍。



图 11-12 “应力图解”的更改



11.8 压力容器设计分析

将压力容器受到的压力、温度和其他作用力，以及地震载荷、风载荷等多种因素复合在一起可以进行压力容器的分析。

在分析时，需要首先单独分析其他载荷（如图 11−13 所示的内部静压载荷，使用“静应力”分析及图 11−14 所示的“热力载荷”使用“热力”分析），然后在压力容器算例中进行复合，即可得到压力容器分析效果，如图 11−15 所示。

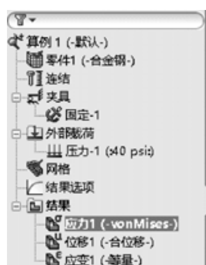


图 11−13 静压载荷分析和效果



图 11−14 热力载荷分析和效果

所以说，压力容器分析实际上就是一个复合的操作，此处不做过多讲解。

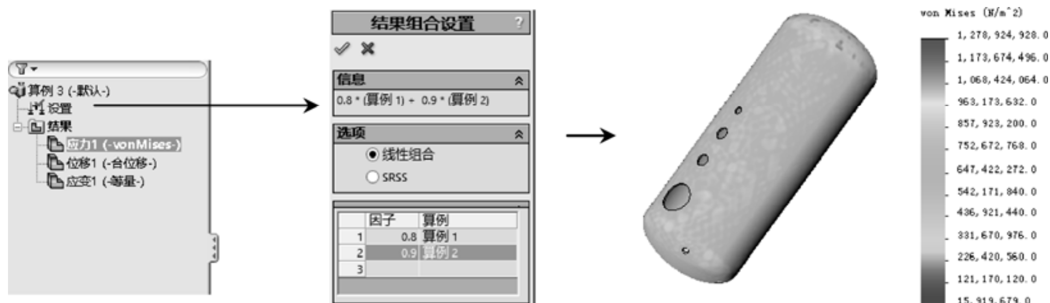


图 11−15 压力容器组合设置和分析效果

11.9 本章小结

上一章所讲的静应力分析是 SolidWorks 有限元分析的基础功能，也是有限元分析的入门模块，本章对其进行了扩展，讲述了 SolidWorks 的其他有限元分析功能，如频率分析、跌落测试分析和疲劳分析等。

有限元分析的这些扩展功能虽然针对的对象和所关注或所要获得的分析值等都有所不同，但是其分析过程却大同小异，基本上都是先设置分析环境（如通过添加夹具固定分析对象，设置对象的材质，再添加载荷等模拟自然环境），然后进行分析，最后得到需要的数据，并查看分析数据。所以本章内容应在上一章的基础上进行学习，这样学习和掌握起来会较为容易。

11.10 思考与练习

一、填空题

（1）每种物理结构都会有其固有的振荡频率。＿＿＿＿＿＿用于找出模型的这些固有频率，其用途可以检测所设计机器的多个零部件间是否存在共振，或者利用共振现象生产音乐器材、夯土机等。

（2）在进行频率分析时，可以＿＿＿＿＿＿，也可根据需要设置或＿＿＿＿＿＿，只需设置材料，然后进行分析，即可得到模型固有的几种频率模式。

（3）当一个较长的材料，在＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿的作用下时，可以在小于其屈服系数的前提下发生扭曲。

（4）＿＿＿＿＿＿＿主要用于分析某一稳态下，在一热源的作用下，发热件和受热件上的＿＿＿＿＿＿状况。

（5）Simulation 可以对跌落进行较简单的验证，只需设置材料，再在“设置”项中设置＿＿＿＿＿＿＿参数，主要包括跌落高度、引力方向和目标的摩擦系数等参数，即可进行跌落分析。

二、问答题

（1）简述什么是疲劳分析，可否直接进行疲劳分析？

（2）什么是“非线性分析”？它主要用在什么场合。

（3）线性动力分析是需要考虑什么因素时才会考虑使用？

（4）解释一下线性动力分析中“时间增量”的作用。

（5）什么是压力容器设计分析？应如何进行分析？

三、操作题

使用本章提供的素材文件“相机盖.SLDPRT”进行跌落测试分析，验证相机盖从 10m 位置处跌路，其受力状况如图 11-16 所示。

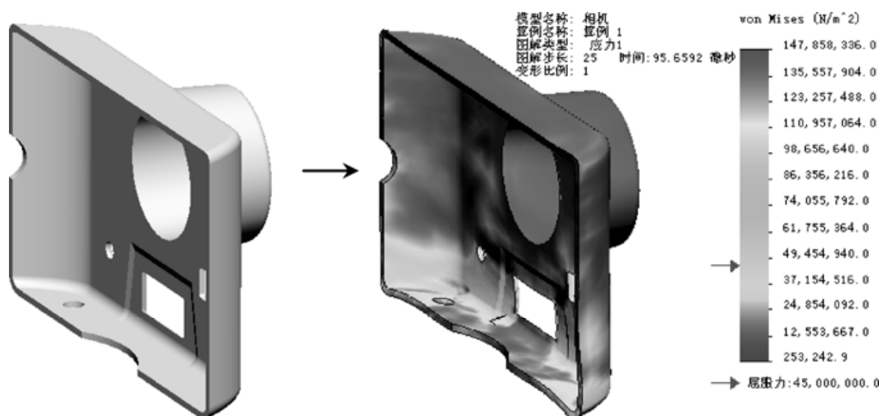


图 11-16 对相机盖跌落测试分析状况

第 12 章 流 体 分 析

本章要点

- 认识流体分析
- 流体分析流程
- 分析结果查看
- 关于外流分析

学习目标

流体分析可用于解决哪些问题呢？如水流经过阀门时，对阀门哪部分的冲击力最大（内流）；选粉机内空气的流动情况（内流）；再如飞机在高速飞行时的受力情况（外流）等。

总之，只要是分析流体对其他物体的影响时，都可以使用流体分析。

12.1 认识流体分析

SolidWorks 中的流体分析模块为“SolidWorks Flow Simulation”（早期版本中也称作“COSMOSFloWorks”），新版本中都是以插件形式出现的，所以在使用之前，需要首先将其调出，方法如图 12-1 所示。



图 12-1 启用流体分析插件操作

流体分析（SolidWorks Flow Simulation）与上两章介绍的有限元分析（SolidWorks Simulation）有很多相似之处，也是以“算例”形式出现的（这里称做“项目”），可以为一个对象创建多个分析项目（如图 12-2 所示，这里打开一个素材文件，启用 Flow Simulation 插件后，可见到已经创建的流体分析项目）。

此外，Flow Simulation 也存在一个关于分析的模型树，且模型树也包含两部分，分别是“条件”部分和“结果”部分。所以，在执行流体分析时，用户要做的主要操作也是先设置条件，然后分析，最后查看分析结果。

在流体分析时，通常需要设置 4 方面的条件，具体如下。

➢ 总体条件：用于选择流体介质类型（水还是空气等）、内流、外流和总的压强等。

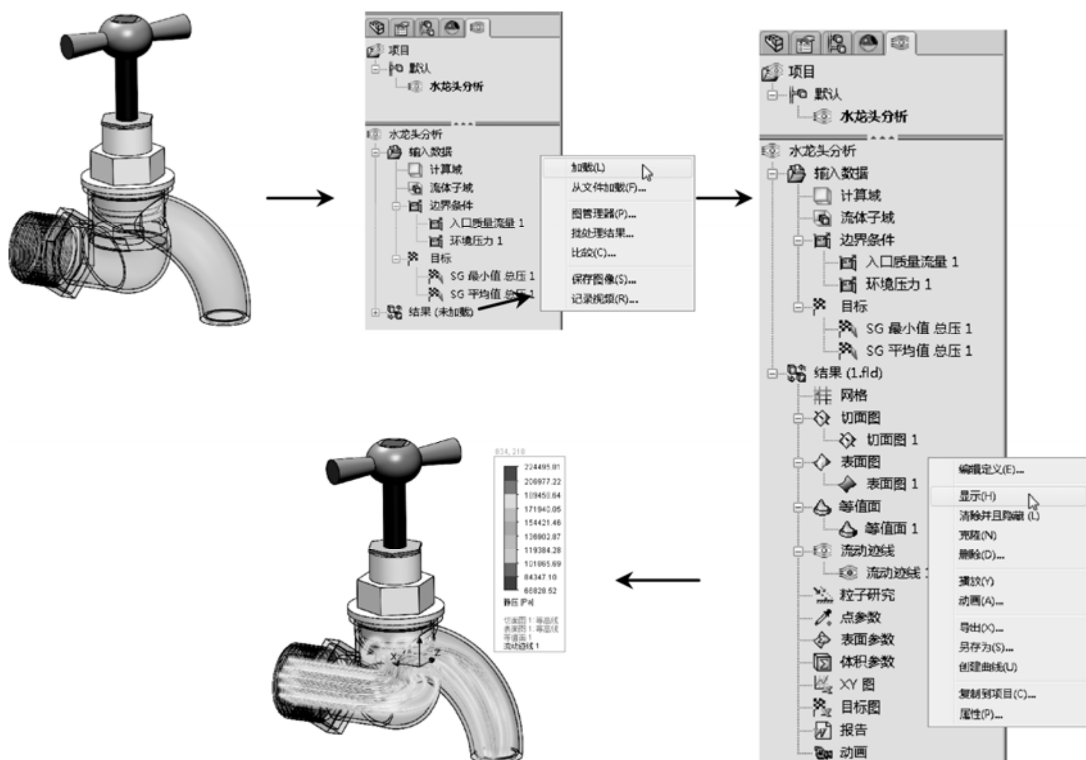


图 12-2　打开素材并查看流体分析结果

➢ 域：也就是分析的区域，一个黑框，比较简单。
➢ 边界条件：设置边界处（进口和出口等）的流量和压力等（外流通常不设置边界条件）。
➢ 最后设置一下分析目标：即关注的内容，如某面处的压强、流量等。

在下一节中将分节讲述其设置方法。



上面图例中打开了一个流体分析中的“流动的线”结果，其中旁边有个颜色柱，它的作用是与“流动的线”中的颜色相对应的，并显示有颜色所表示的单位值，如蓝色表示较小的压力值，红色表示较大的压力值等（其他分析结果大多也会显示颜色柱，也是与分析图中的颜色对应的）。

12.2　流体分析流程

本节讲述流体分析的基本流程，包括使用向导设置初始流体环境、设置边界条件、设置分析目标和进行分析等操作。

通过本节的学习，读者应该可以领会流体分析的流程。

12.2.1 “流体分析向导”用于设置总体条件

“向导”即是设置分析总环境的途径，也是新建“流体分析项目”打开流体树的方式。下面以操作的方式，讲解向导中需要设置的内容和其意义。

STEP 1 打开本文提供的素材文件“水龙头.SLDASM”（启用流体分析插件），单击“流动模拟主屏幕”工具栏（如默认未打开此工具栏，可右击顶部空白处将其调出）中的“向导”按钮，启动向导，如图 12-3 所示。

STEP 2 向导的第 1 个界面为“向导-项目名称”界面，如图 12-4 所示，此界面用于设置所建分析（即算例）的名称，并可选择要进行分析的模型配置；关于配置，前面讲过，一个模型可以有多个配置，因为此模型只有一个配置，所以此处只需保持系统默认设置（名称不重要，可取一个自己容易区分的，或保持默认），直接单击“下一步”按钮即可。



图 12-3 打开素材并调出工具栏

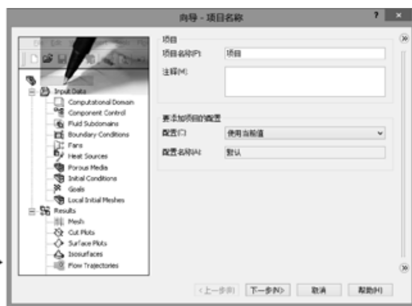


图 12-4 向导的第 1 个操作界面

STEP 3 向导的第 2 个界面为“向导-单位系统”界面，如图 12-5 所示，此向导界面用于选用单位系统（同建模开始时弹出的对话框），有 CGS、FPS、IPS、NMM、SI（牛顿-米-千克-秒）和 USA 等几种形式，通常选用默认的 SI 国际单位制，然后单击“下一步”按钮继续。

STEP 4 向导的第 3 个界面为“向导-分析类型”界面，如图 12-6 所示，此向导界面用于设置向导类型，主要是确定本算例是分析的内流还是外流，主要就是这两个选项，下面的“物理特征”，可根据需要设置，或保持系统默认（内流和外流的意义，以及物理特征的意义，详见下面提示），此处保持系统默认设置，单击“下一步”按钮继续。

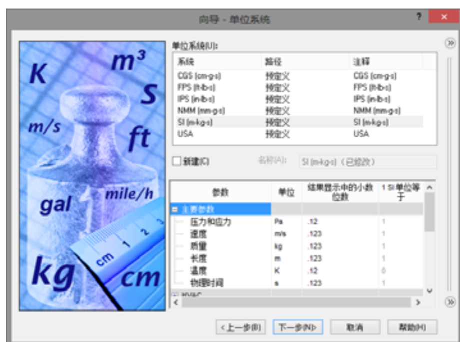


图 12-5 向导的第 2 个操作界面

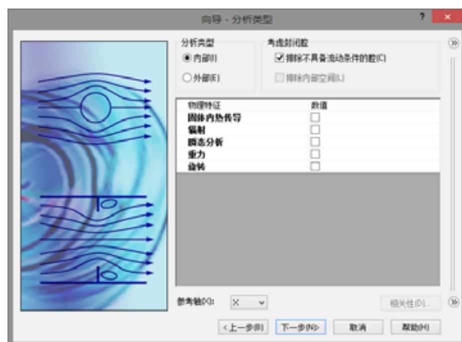


图 12-6 向导的第 3 个操作界面





> Flow Simulation 主要可以进行两种分析，一个是内流，也就是流体在固体内流动的情况（固体包着流体），如管道内的流体，一定空间内的流体等；另一个是外流，所谓外流，就是大面积的流体包着固体的情况，典型的如飞机在空中飞行，轮船在水面航行等。
>
> 分析类型下的物理特征是指在流体分析时要考虑的量，如分析空调对房间的影响，即需要考虑“固体内热传导”和“辐射”；“瞬态”是相对于稳态的，瞬态考虑某个时间点的状态，稳态是流体稳定后的状态（也是默认分析状态）；“重力”是考虑重力因素；“旋转”用于设置某个固体部分旋转，如风机的涡轮；分析类型右侧的复选框用于设置分析时，自动排除不具备流动条件的腔，以节省分析计算的时间。

STEP 5 向导的第 4 个界面为“向导-默认流体”界面，如图 12-7 所示，此向导界面用于设置要分析的流体，如水、空气等，此处单击“添加”按钮，添加“水”流体（系统会默认选中“水”介质），然后单击“下一步”按钮即可。



> 此处的流动特征中可以设置流体具有的特征，“平流和湍流”是指既考虑平流也考虑湍流，“空化”是指液体振动时，自动出现气泡的现象，此处可不考虑。

STEP 6 向导的第 5 个界面为“向导-壁面条件”界面，如图 12-8 所示，此向导界面用于设置包裹流体对象的壁面条件。可为壁面设置一定的粗糙度，如不考虑热量问题（流体分析，可以分析两种不同温度液体的热交换现象，此时即需要考虑热量问题），可以使用默认的“绝热壁面”，此处全部保持系统默认，然后单击“下一步”按钮继续。



图 12-7 向导的第 4 个操作界面

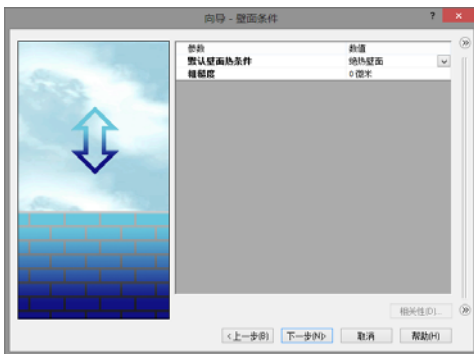


图 12-8 向导的第 5 个操作界面

STEP 7 向导的第 6 个界面为“向导-初始条件”界面，如图 12-9 所示，此向导界面用于设置被分析流体的初始值，因为要的是“稳态”时的结果，所以在开始分析时肯定要有个初始状态，此值越接近分析结果，分析越快，若未知，保持系统默认设置即可。单击“下一步”按钮继续。

STEP 8 向导的第 7 个界面为“向导-结果和模型精度”界面，如图 12-10 所示，此向导

界面顶部横条，是对网格大小的调整（同有限元分析）。最小缝隙和最小壁厚见下面提示。此处这几项都可保持系统默认设置，单击“完成”按钮即可完成总体条件的设置，并创建“算例”树，如图 12-11 所示。



由于网格大小受到“域”和分析“精度”的影响，这样当模型中存在一些细小的缝隙或壁厚需要被分析时，就有可能被忽略，此时即需要手动指定最小缝隙和最小壁厚（不过越小分析越耗时），在没有特殊要求时，都可保持系统默认设置。

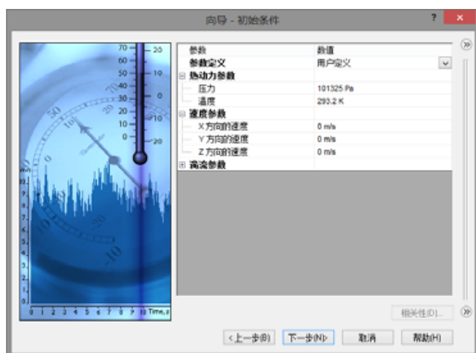


图 12-9　向导的第 6 个操作界面

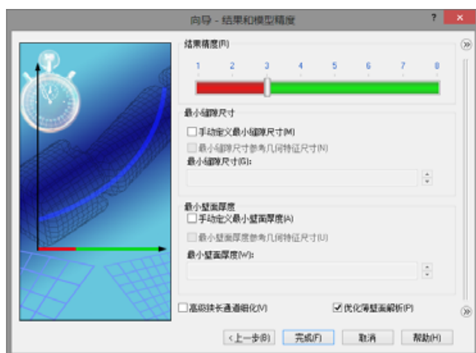


图 12-10　向导的第 7 个操作界面

完成向导操作后，系统将自动查找“分析域”（即进行分析的区域），并以黑框的形式标识出来，如图 12-12 所示。如自动选择的域不正确时，可选中“计算域”项，通过拖动箭头对其大小和位置进行调整（域越小越节省分析时间，但是应包含要分析的腔）。

如系统自动选择的“分析域”正确，因为域框会妨碍分析结果的查看，所以通常在确认域区域无误后将其隐藏即可。

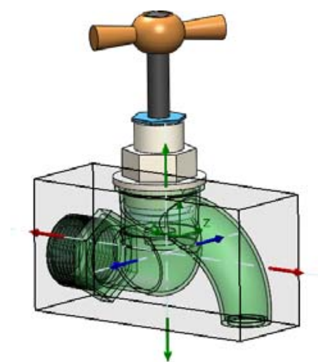


图 12-11　系统自动找到的“分析域”

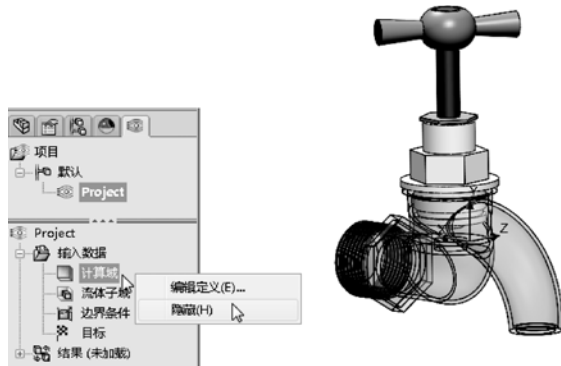


图 12-12　隐藏分析域操作

12.2.2 “边界条件”是内流分析的必设项目

边界条件就是流体出入口处流体的状态（流量、速度、压力等），是内流分析必须设置的

项，外流分析无需设置。继续上一节的操作，下面讲解边界条件的设置。

STEP 1 如图 12-13 所示，继续上一节的操作，右击新建算例的“边界条件”项，选择“插入边界条件”菜单，打开“边界条件”属性管理器，然后选中入口处“封盖”的内表面，再单击“流动开口”按钮，并选中“入口质量流量”项，然后设置“流动参数”为“0.5kg/s”，即入口处的水流量为 0.5kg/s，单击“确定”按钮完成入口边界条件设置。

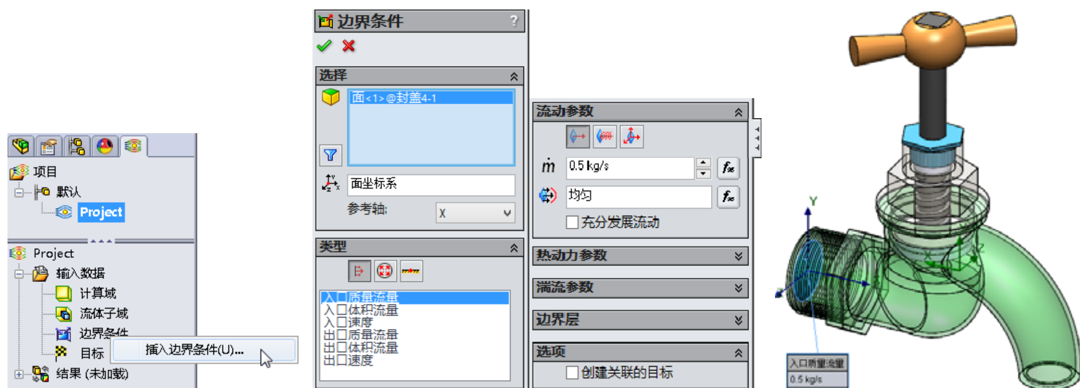


图 12-13 设置开口边界条件操作



关于“封盖”，这里做一下解释，实际上，在内流分析时，内流区一定要是一个封闭的区域，所以，通常在分析之前，都要给出口和入口添加封盖，单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“创建封盖”按钮，可以为平整的面位置添加封盖（本文素材已添加封盖），对于其他位置，也可以导入模型文件作为封盖，或创建新的拉伸体作为封盖，总之最终形成封闭的区域即可。

STEP 2 右击新建算例的“边界条件”项，选择“插入边界条件”菜单，打开“边界条件”属性管理器，然后选中出口处“封盖”的内表面，如图 12-14 所示，再单击“压力开口”按钮，并选中“环境压力”项，其他选项保持系统默认设置，即设置出口处的环境压力为 1 个标准大气压，单击“确定”按钮完成出口边界条件的设置。

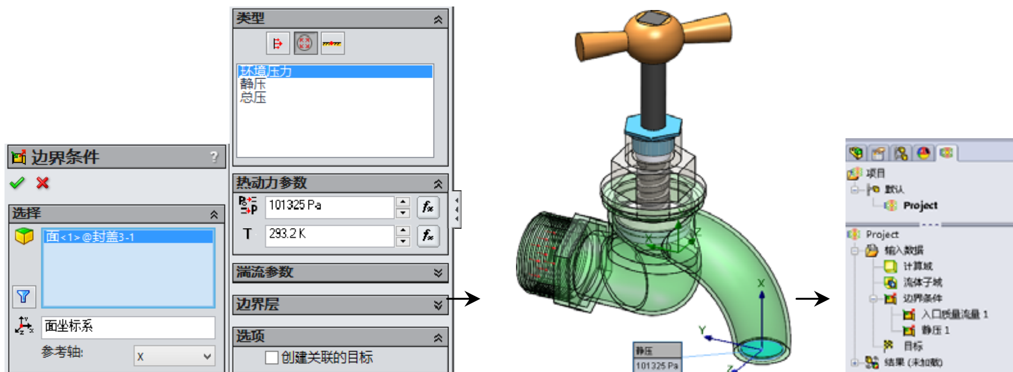


图 12-14 设置出口边界条件操作

观察“边界条件”属性管理器，可以发现共可以设置 3 种边界条件，“流动开口”“压力开口”和“壁面”条件，下面解释一下其意义。

- “流动开口”是对量的规定，如质量、体积和速度等。
- “压力开口”是对力的设置，如环境压力、静压和总压等，“总压”等于“静压”加“动压”，“环境压力”在“进口”处添加，被作为“总压”解释，在“出口”处添加，则被作为“静压”解释。
- “壁面”用于设置某个固体壁具有的单独特征，如泵内的螺旋桨旋转，或“外流”时，固体的平移等。



“边界条件”属性管理器中的“湍流和层流”实际上在前面总条件“选择介质”的界面即出现过这个选项，询问是否考虑“湍流”。这里再做一下通俗的解释：层流就是平稳的流动，一层一层的，所有分子的流向都与边界平行，而“湍流”就是指流体内的分子“乱撞”现象严重。

“热动力参数”是指热量引起的动能。此处可设置某固体位置具有较高的温度，从而引起外部气体的流动，可用于模拟电热管、CPU 发热等。如未不考虑热量，则此处使用默认的环境温度即可。

12.2.3 “目标”是要获得的流体分析值

当用户只是需要得到流体的运行轨迹、流向等基本的流体分析图时，也可以不设置分析目标。

当用户关注某个具体值时，即分析后需要得到这个值。如此处，用户想知道，对于这个水龙头，在一个标准大气压下要保证出口处能有 0.5kg/s 的流量，需要在进口位置处为其施加一个多大的压强，这个压强的平均值是多少？这时就需要添加目标值了。

继续上一节的操作，右击新建算例的“目标”项，选择“插入表面目标”菜单，打开“表面目标”属性管理器，然后选中入口处“封盖”的内表面，再勾选“表面目标”属性管理器中的“参数”卷展栏中的“总压”的“平均值”复选框，单击“确定”按钮即可添加分析目标，如图 12-15 所示。

添加了目标值后，在进行分析时模型会特意记录下目标值的量和收敛特性，完成分析后看可操作“结果”的“目标图”项查看目标值。

右击“目标”项，在弹出的快捷菜单中，共可以添加 4 种目标：全局目标、点目标、表面目标和体积目标，其意义如下。

- “全局目标”是对流体总量的一个考量，如所有流体的平均压力，平均流速、密度等。
- “点目标”是指记录某个点处的值，如压力的变化等。
- “面目标”就是面上值的变化，如平均压力，温度、热量等。
- “体积目标”可测算流量。

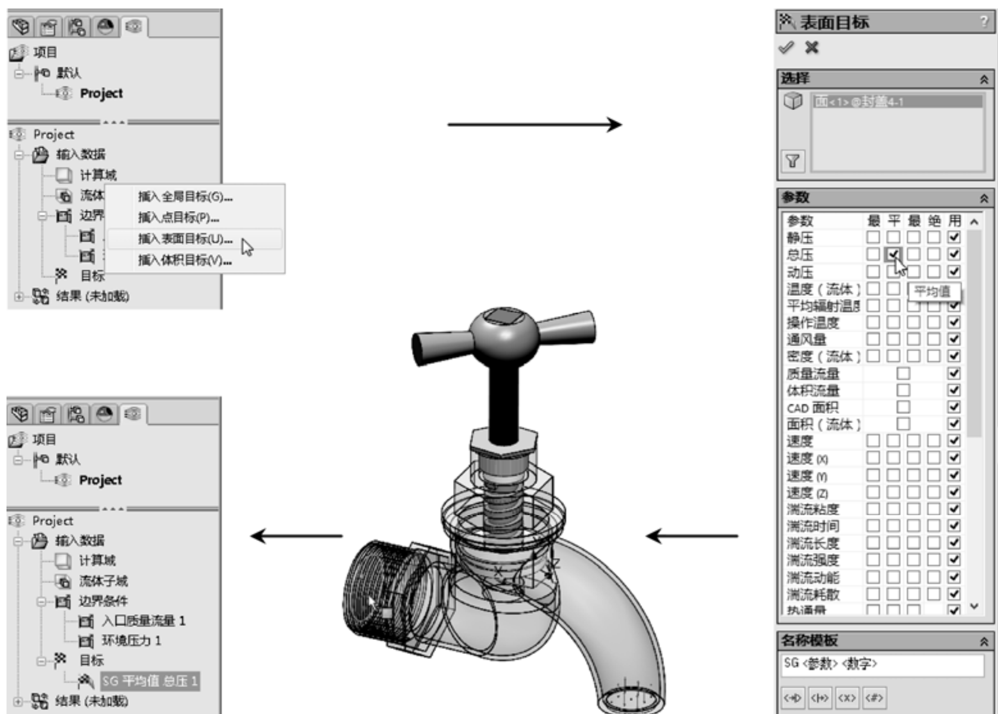


图 12-15 设置分析目标的操作



在“表面目标”属性管理器中，前三项是静压、总压和动压，这三种压力也是流体中平时经常会关注的，这里略作解释。

首先“总压”=“静压”+“动压”，而“静压”就是指流体不流动时对外的静止压力，这就像是人们处于静止的空气中所受到的大气压；动压则是指流体具有一定的流动速度（相对于目标体来说），假设目标体是静止的，那么流体流动到目标体位置处受目标体阻挡，而令其停止流动时，目标体受到的压力，就称为动压。

这就像是人们外出时，遇到大风，受到风的“吹”力是一样的，如逆风行驶，是很费劲的，当然，如顺着风的方向跑，在与风的速度相同时，所受的动压为 0。

12.2.4 完成设置后，可以进行“分析”

完成上述设置就可以执行分析操作了。分析操作比较简单，单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“运行”按钮▶，或右击分析项目的名称，选择“运行”命令，然后在打开的对话框中单击“运行”按钮，即可执行分析操作，分析完成后，将在左侧分析树的“结果”项中显示可以查看的结果项，如图 12-16 所示。

在执行分析前，会打开“运行”对话框（见图 12-16 右上图），在此对话框中，除了可以选择使用当前计算机的几个 CPU 参与流体计算之外，还可以在“运行条件”下拉列表框中选择其他计算机参与共同分析，参与计算的计算机（应该是使用“SolidWorks 网络监视器”，设



置为节点计算机的成员）。



图 12-16　分析操作

12.2.5 查看分析过程

当模型稍复杂时，分析的过程会很漫长，那么可否人为缩短分析时间呢？实际上，在分析时，可单击“求解器”对话框“插入目标图”按钮打开目标图来查看所关注的目标值的变化，如图 12-17 所示，当发现所分析的目标值已经发生收敛时，即可提前中断分析，而单击“插入预览”按钮则可在分析时查看分析结果的变化，如图 12-18 所示。



图 12-17　目标图

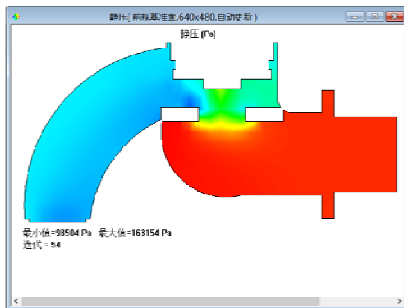


图 12-18　预览窗口

12.3 分析结果查看

分析完成后，在“项目”树的“结果”项下才会出现关于结果的一些分析内容（分析之前，此项为空），如何查看这些项目呢？流体分析与有限元分析稍有不同，操作过程中大多需要选择目标面，本节将讲述相关操作。

12.3.1 切面图

右击“项目”树“结果”项下的“切面图”项，选择“插入”菜单，打开“切面图”属性管理器，接着选择一个面（这个面应切过流体），然后单击“确定”按钮，可以显示此面切过的流体的切面图，如图 12-19 所示（可添加针对不同面的多个切面图）。

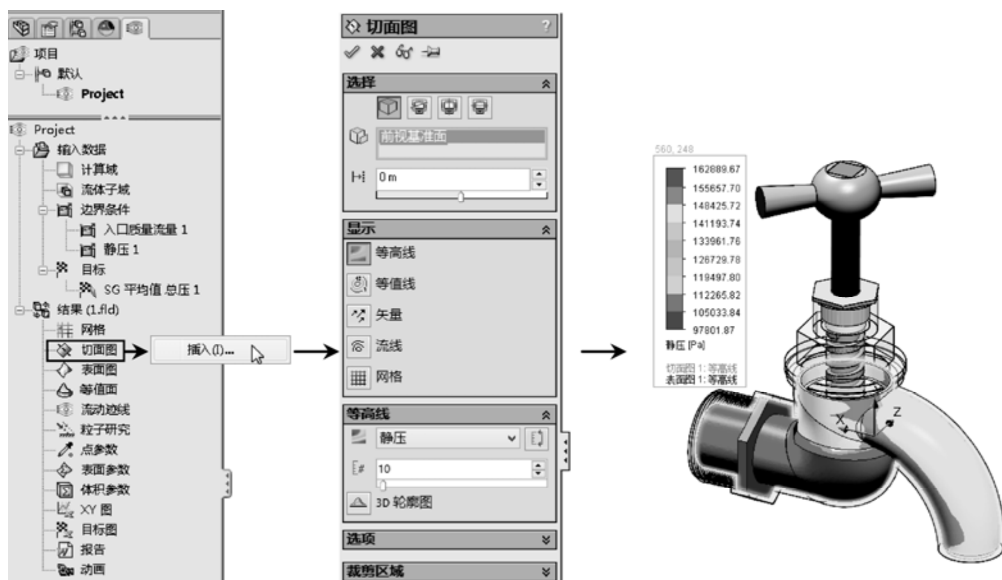


图 12-19 查看切面图操作



在“切面图”属性管理器的“显示”卷展栏中，可以设置以何种方式显示切面图，如等高线、等值线、矢量、网格和流线等（其余结果图形，很多也可进行相同设置），其不同之处，用户不妨自行尝试。

12.3.2 表面图

右击“项目”树“结果”项下的“表面图”项，选择“插入”菜单，打开“表面图”属性管理器，然后选择一个面（这里勾选“所有面”复选框，就是表示对内侧的所有表面对进行分析），然后单击“确定”按钮，可以显示所选面的表面图，如图 12-20 所示（此图显示所有内侧面的静压情况）。

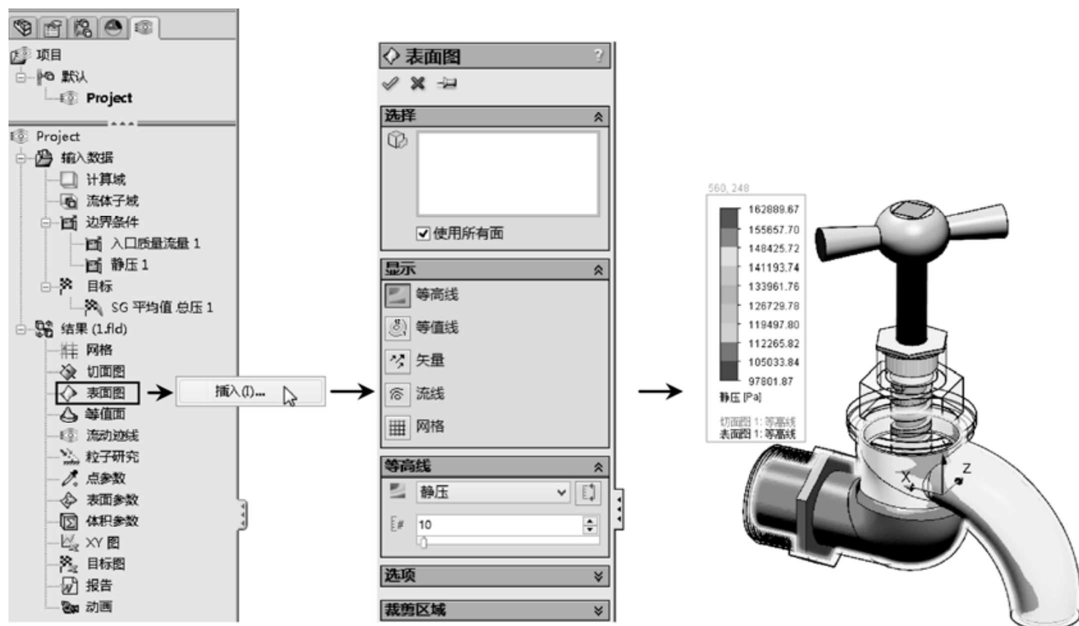


图 12-20　查看表面图操作

12.3.3 等值面

右击“项目”树“结果”项下的“等值图”项，选择“插入”菜单，打开“等值面”属性管理器，接着设置一个值（此值即是要显示的等值面的值，如压力值等），然后单击“确定”按钮，即可以显示所选值得等值面，如图 12-21 所示。



图 12-21　查看等值面操作

12.3.4 流动轨迹

右击“项目”树“结果”项下的“流动轨迹”项，选择“插入”菜单，打开“流动轨迹”属性管理器，然后设置点数（或其他参数），这里的参数主要用于设置所生产轨迹线的形状（如导管形、带形等）和密度，也可保持系统默认设置，直接单击“确定”按钮，即可以显示流体的流动轨迹，如图 12-22 所示。

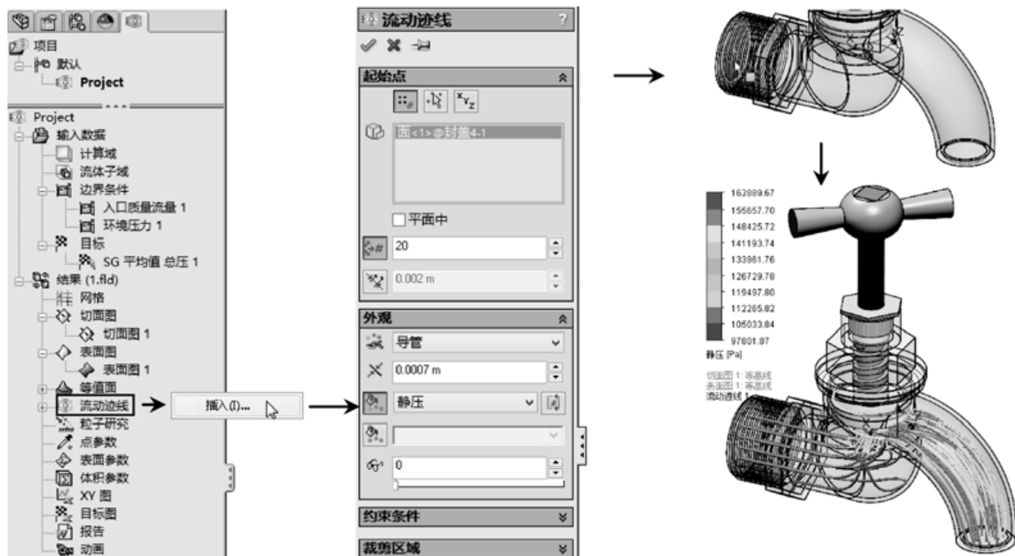


图 12-22 查看流动轨迹操作



流动轨迹所设置的点数越多，所生成的线越密、越多，反之线越稀、越少；流动轨迹所设置的间距越小，所生产的线越密、越多，反之线越稀、越少（通常先令线少一些，然后根据需要进行调整，否者设置的线太多，运算会很费时）。

12.3.5 目标值

如需查看所设置的目标值，可右击“项目”树“结果”项中的“目标值”项，选择“插入”菜单打开“目标图”属性管理器，然后选中要查看的目标值，单击“显示”按钮即可查看目标的值，如图 12-23 所示的“数值”项，并且可单击“图标”项切换到图标样式，也可将其导出到 Excel 表格中。

12.3.6 其余值

其余“目标”值，不太常用，这里集中解释一下：

- “粒子研究”：可对不同流体对壁面的侵蚀，壁面对不同流体产生的吸积等现象，以粒子的形式显示出来，如图 12-24 所示（粒子研究时，需要设置入口面和注入的流体）。

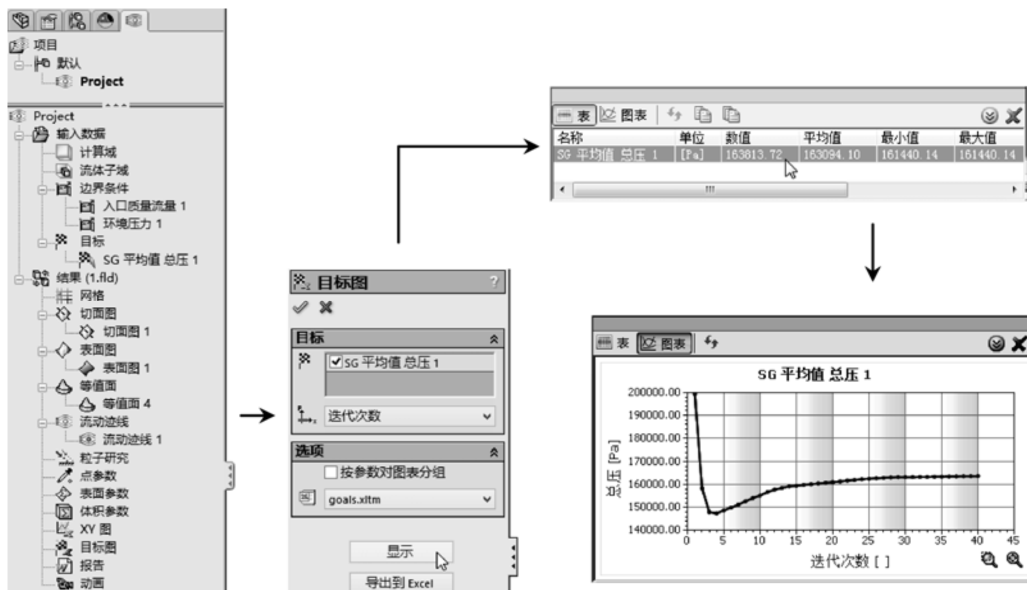


图 12-23　查看目标值操作

➢ “点参数”：显示某个点（选中的点）处的静压力等，如图 12-25 所示。

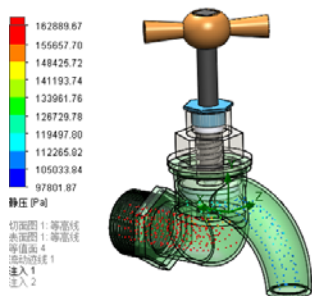


图 12-24　粒子研究效果

X [m]	Y [m]	Z [m]	介质	静压 [Pa]
0.008	0.004	7.861e-019	流体/固体	138118.90

图 12-25　查看“点参数”效果

➢ “表面参数”：显示某个面（选中的面）的结果值情况，如图 12-26 所示。

局部参数	最小值	最大值	平均值	表面面积 [m^2]
静压 [Pa]	160547.57	163050.95	161875.50	0.0009
速度 (Y) [m/s]	0	0	0	0.0009

整体参数	数值	X 方向分量	Y 方向分量	Z 方向分量	表面面积 [m^2]
表面面积 [m^2]	0.0009	0.0002	0.0003	5.4859e-011	0.0009
均匀性指数 [ ]	1.0000000				0.0009

图 12-26　查看“表面”参数效果

➢ “体积参数”：用于计算流体内某部分的“体积压力”等，操作之前需要首先在流体内导入一个不参与计算的组件（操作如图 12-27 左上图所示），然后“运算”后选中此组件，计算体积参数，如图 12-27 下图所示。

➢ “XY 参数”：可以图标的形式显示某条边线处的结果值情况，如图 12-28 所示。

➢ “报告”：与动画制作中的报告有相同之处，用于自动生成 Word 形式的报告文档。

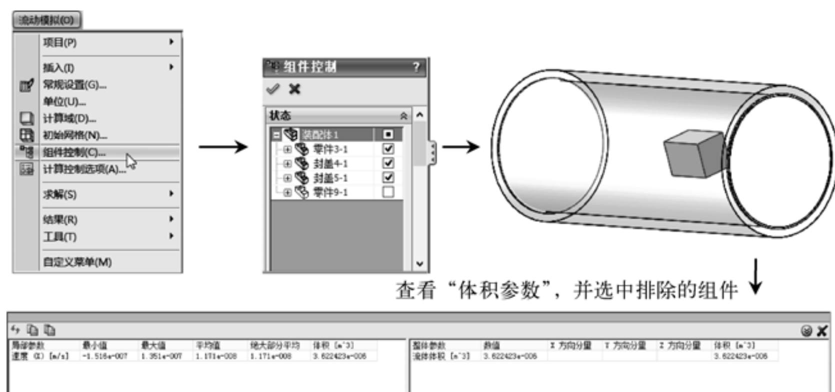


图 12-27　查看“体积参数”操作和结果

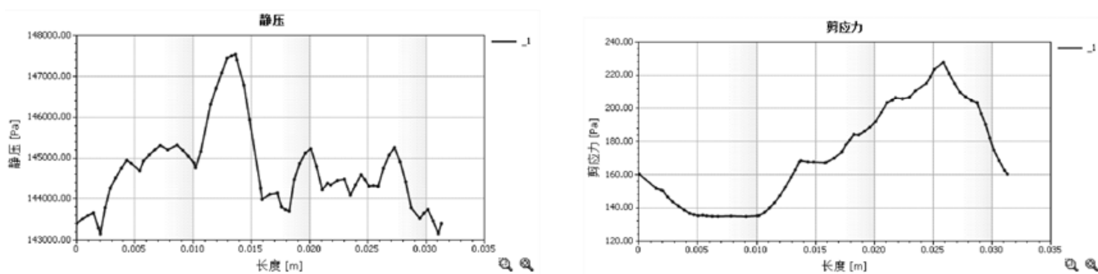


图 12-28　查看“XY 参数”操作

实例精讲——“离心泵”流体分析

离心泵是使用叶轮将水甩向压水管路，同时在叶轮芯部产生“负压”达到吸水目的，从而进行供水的装置，如图 12-29 所示。本实例将对离心水泵的供水过程进行流体分析，分析其工作时，泵体所受压强和出口处的压强等。

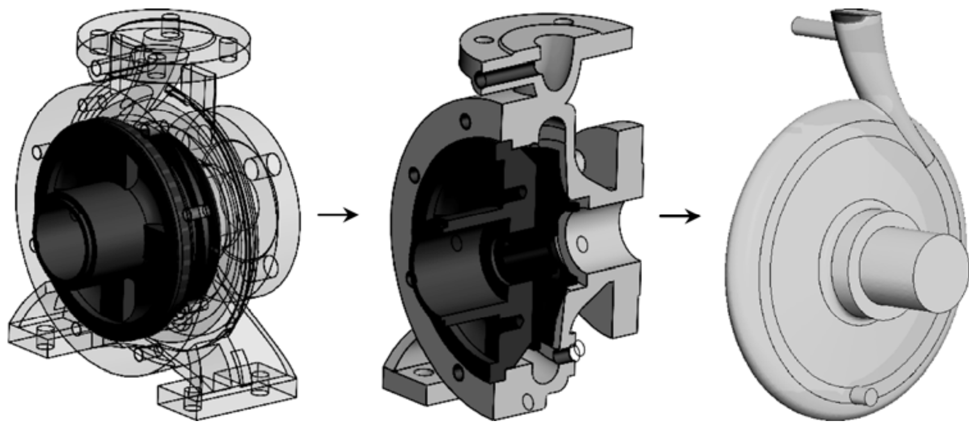


图 12-29　离心泵结构和分析后的表面压强图

【制作分析】

本模型为离心式水泵，已知入口流量为 0.0001m³/s，环境压力 1 个标准大气压，转速 2000r/s，求出口处的总压强。操作时，将首先创建封盖，然后进行分析，并取得分析结果，其中叶轮旋转的设置和其余不旋转部分的设置是关键。下面看一下操作。

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“离心泵.SLDASM”，启用“SolidWorks Flow Simulation”插件，然后将“泵盖”压缩（令其不参与运算，而在原位置创建封盖，以简化模型的运算量），如图 12-30 所示。

STEP 2 单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“创建封盖”按钮，在模型的多个位置处创建封盖，如图 12-31 所示（个别位置所创建的端盖可能不太准确，或者无法创建，此时需要直接创建新的拉伸零件作为端盖）。

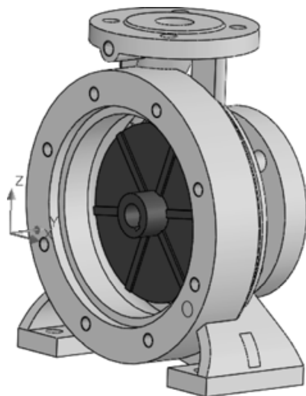


图 12-30　打开了模型并隐藏了泵盖

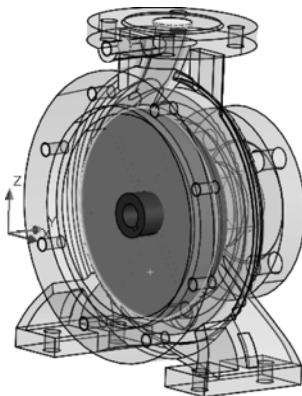


图 12-31　创建的端盖



提示

共需创建 5 个端盖，其中 3 个端盖可使用“创建封盖”按钮创建，其余两个需要执行“新零件”操作创建（应注意泵体上部侧面和底部侧面的螺钉孔，一定要盖住，否则无法执行分析操作）。

STEP 3 单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“向导”按钮，启动向导进行向导设置。操作时，其他选项都可保持系统默认设置，而只需在“向导-分析类型”页面中，设置绕 Y 轴旋转，旋转速度设置为 2000r/s，并在“向导-默认流体”页面中添加“水”介质即可，如图 12-32 所示。

STEP 4 右击“边界条件”项，选择“插入边界条件”菜单，然后通过选中入口处端盖内表面添加入口处的边界条件为“入口体积流量”0.0001m³/s，如图 12-33 所示。

STEP 5 通过与 STEP 4 相同的操作，选中出口处端盖的内表面，设置出口处的边界条件为环境压力一个标准大气压，如图 12-34 所示。

STEP 6 执行添加边界条件操作，设置模型内部除“叶轮”表面外的其余所有面为“真

实壁面”，并勾选“定子”复选框，单击“确定”按钮继续，如图 12-35 所示（因为在向导中设置了整体旋转，此处操作是设置机器运行时不动的部分）。



图 12-32 向导中需要设置的两个操作界面

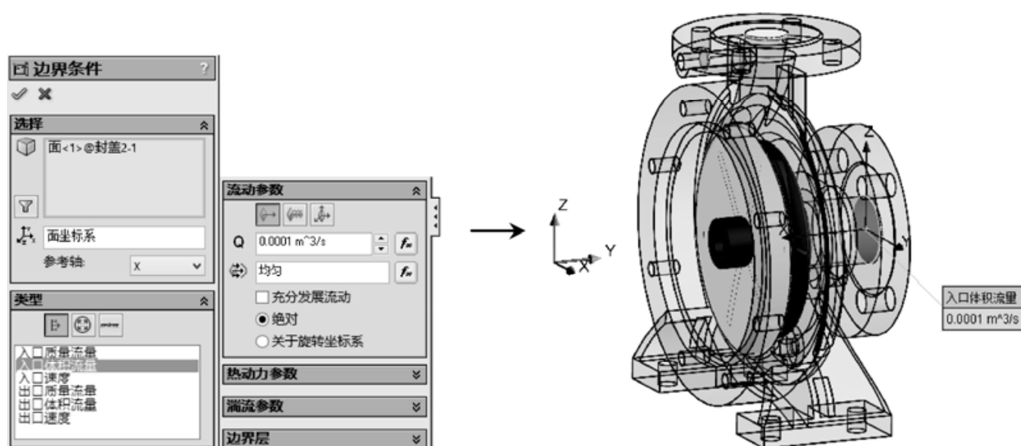


图 12-33 添加入口边界条件操作

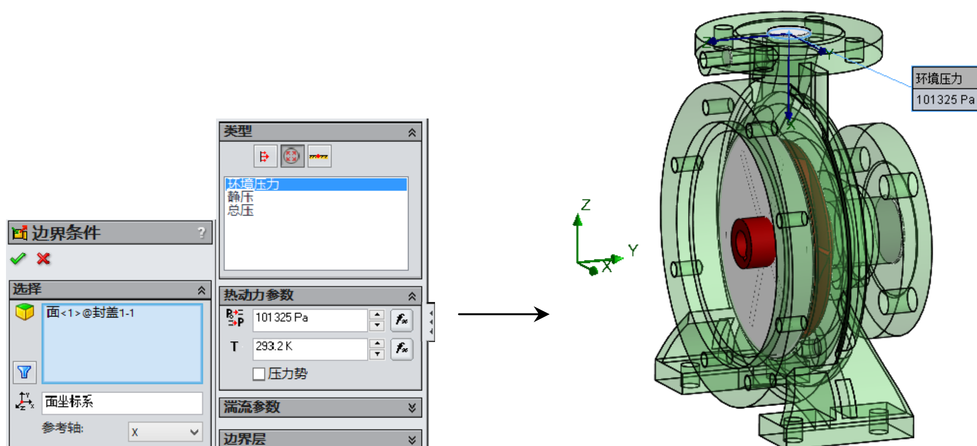


图 12-34 添加出口边界条件操作

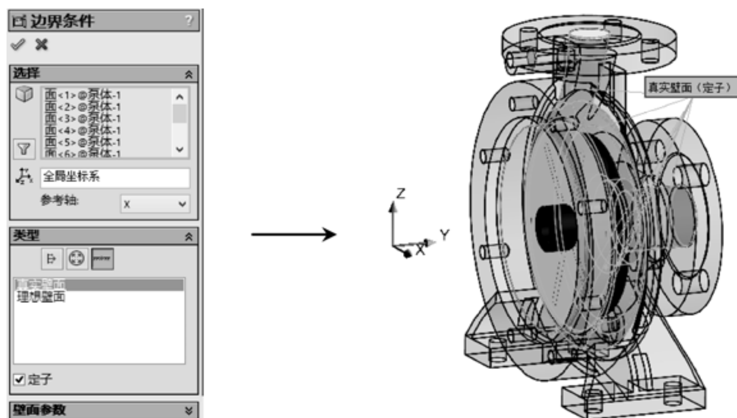


图 12-35　设置定子壁面操作

STEP 7 右击算例的“目标”项，选择“插入表面目标”菜单，打开“表面目标”属性管理器，然后选中入口处“封盖”的内表面，再勾选“表面目标”属性管理器中的“参数”卷展栏中“总压”的“平均值”复选框，设置分析目标，如图 12-36 所示。

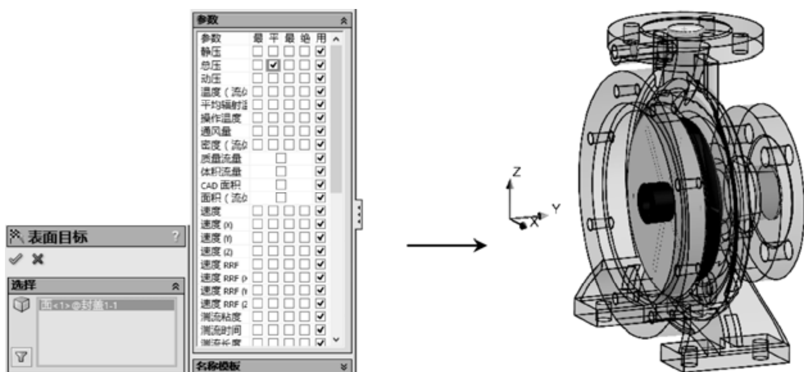


图 12-36　设置分析目标操作

STEP 8 单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“运行”按钮执行“分析”操作，分析完成后右击“项目”树“结果”项下的“表面图”项，选择“插入”菜单，打开“表面图”属性管理器，勾选“所有面”复选框创建“表面图”，如图 12-37 所示。

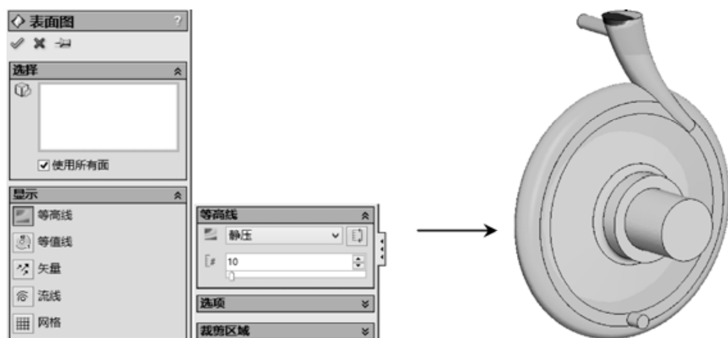


图 12-37　表面图静压效果

STEP 9 右击“项目”树“结果”项下的“流动轨迹”项，选择“插入”菜单，打开“流动轨迹”属性管理器，设置点数为 10，外观为“带箭头的线”，添加流动轨迹，如图 12-38 所示。

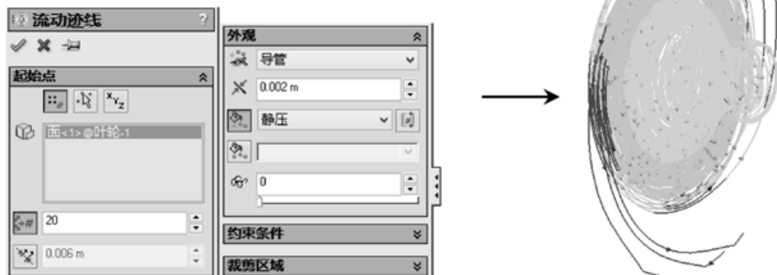


图 12-38　添加流动轨迹线效果

STEP 10 右击“项目”树“结果”项中的“目标值”项，选择“插入”菜单，打开“目标图”属性管理器，单击“显示”按钮即可查看目标的值，如图 12-39 所示（此处目标值说明，出口处的总压力，即使静压加动压，约等于 117630Pa）。

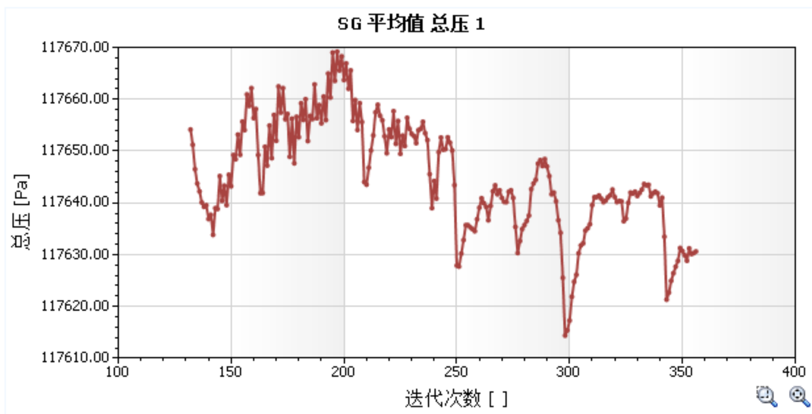


图 12-39　所得到目标值

12.4　关于外流分析

外流分析相对来说比“内流分析”要简单，如要进行模拟模拟风扇旋转的外流分析，只需要在执行向导时设置为“外流分析”，并设置旋转轴和风扇转速，再选择“空气”为流动介质即可，如图 12-40 所示。

外流分析完成后，此处添加经过前视基准面的流动迹线，即可查看风扇旋转时，周围气体的运动，如图 12-41 所示。



图 12-40　风扇的外流分析操作

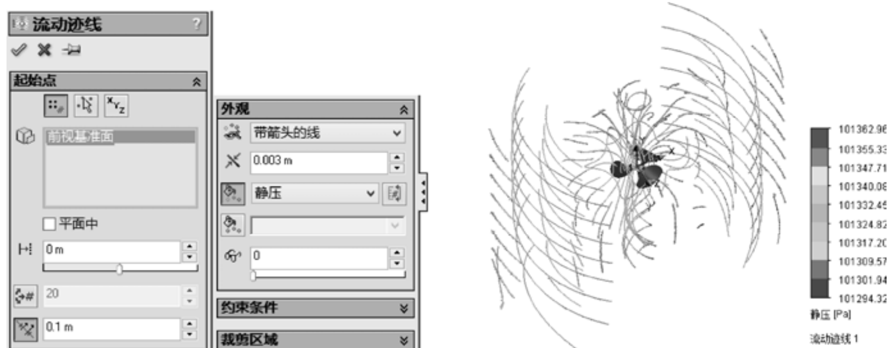


图 12-41　风扇的流动轨迹图



上面图例是对风扇转动的一个分析，风扇转动时，扰动周围的空气流动，从轨迹图可以发现，风扇中心区域在风扇的作用下，气流向上旋转流动，而在风扇区域外侧，气流则以反方向流动。此外，有兴趣的读者，不妨创建其表面压力图，以查看在什么位置处风扇受力最大，如图 12-42 所示。

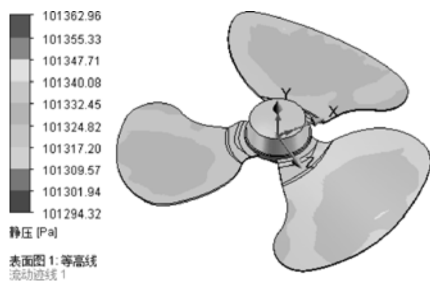


图 12-42　风扇的表面压力图

实例精讲——“香蕉球”的流体分析

“香蕉球”是怎么踢出来的，为什么球体不沿着直线方向前进呢？本实例将研究并模拟这个问题。

【制作分析】

“香蕉球”是典型的外流分析，操作并不复杂，设置外流为壁面添加一定的摩擦系数，并为足球模型的外表面添加一“壁面运动”速度，以及法向的旋转速度，即可得到需要的操作效果，如图 12-43 所示。

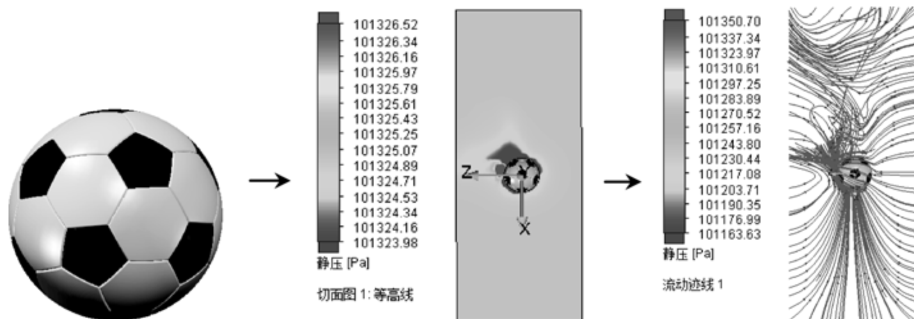


图 12-43　要分析的足球和分析效果

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“足球.SLDASM”，如图 12-43 左图所示，启用“SolidWorks Flow Simulation”插件。

STEP 2 单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“向导”按钮，启动向导，设置分析类型为“外流分析”，设置默认流体为“空气”，设置壁面条件的粗糙度为 500μm，如图 12-44 所示（其他选项使用系统默认设置）。

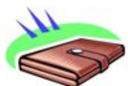


图 12-44　向导中要设置的选项

STEP 3 右击“边界条件”项，选择“插入边界条件”菜单，然后选择所有面，为其设置“真实壁面”边界条件，粗糙度系统默认使用向导中的数值，勾选“壁面运动”复选框，设置径向运动的值为-20m/s，设置旋转的值为 3000r/s，如图 12-45 所示。

STEP 4 单击“流动模拟主屏幕”工具栏中的“运行”按钮执行“分析”操作。

STEP 5 分析完成后，选择“上视基准面”创建距离此基准面一定距离的“切面图”（切面大概经过球的中心点），如图 12-43 中图所示；然后右击“流动轨迹”项，选择“插入”菜单，创建“流动轨迹”（流动轨迹的面，与切面的位置相同），如图 12-43 右图所示。

提示

由切面图可发现足球前方左侧有一低压区，而通过流线图可发现，实际上足球在旋转时，在左前方甩出了大量粒子，这些运动的粒子对足球的阻碍较小，所以足球才会偏向运动，这样就很好地解释了足球的运动路线问题。

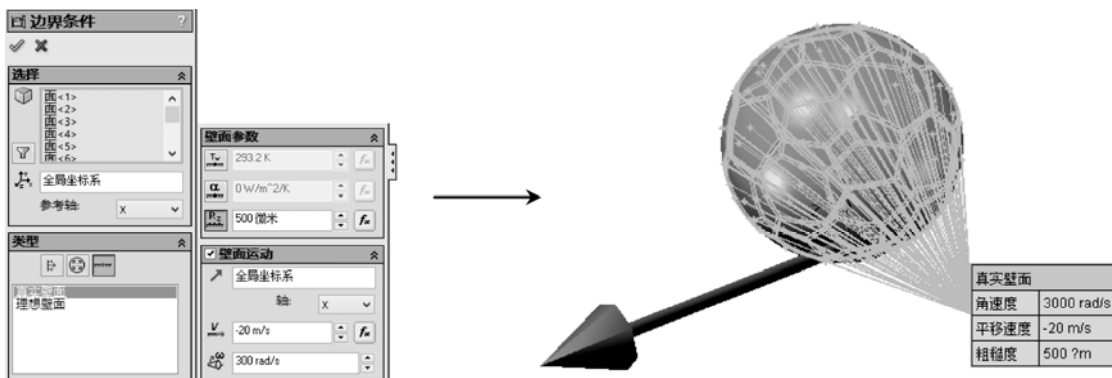


图 12-45　设置壁面条件操作

12.5　本章小结

本章讲述了 SolidWorks 的简单流体分析操作，主要包括内流分析和外流分析两方面，所叙内容较为简单，也都是流体分析的基础内容，所以都应重点掌握。

需要指出的是，实际上 Flow Simulation 还可以进行更多的分析操作，如热分析、传热分析、多孔介质分析等，由于 Flow Simulation 已经属于很深的功能模块了，且由于章节限制，本文就不再一一叙述。

12.6　思考与练习

一、填空题

（1）流体分析（SolidWorks Flow Simulation）与上两章介绍的有限元分析（SolidWorks Simulation），有很多相似之处，如也是以_________形式出现的（这里称作_________）。

（2）Flow Simulation 也存在一个关于分析的模型树，且模型树也包含两部分，分别是_________部分和_________部分。

（3）在流体分析时，通常需要设置 4 方面的条件，分别为____________、____________、_____________和______________。

（4）流体分析包括___________分析和______________分析。

（5）共可以设置 3 种边界条件，___________、___________和___________条件。

二、问答题

（1）分析结果旁边的“颜色柱”有什么作用？

（2）什么是“分析域”？试解释其作用。

（3）“封盖”有什么用？必须使用“创建封盖”按钮创建封盖吗？为什么？

（4）是不是流体分析不需要划分网格？并进行扩展说明？

（5）简述如何手工缩短分析时间。

三、操作题

使用本章提供的素材文件，进行流体分析，观察飞机飞行时的受力状况，如图 12-46 所示。

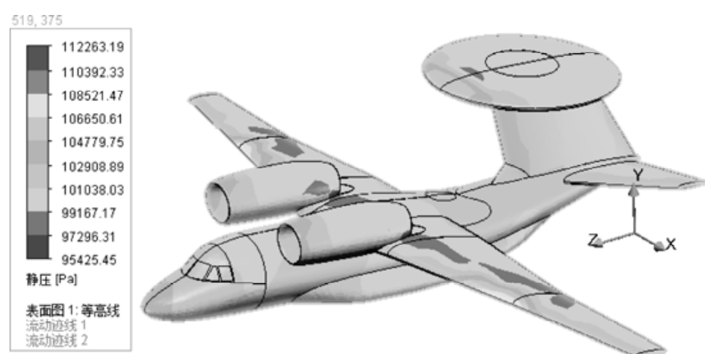


图 12-46　流体分析后的飞机受力效果图

机工出版社·计算机分社书友会邀请卡

尊敬的读者朋友：

感谢您选择我们出版的图书！我们愿以书为媒与您做朋友！我们诚挚地邀请您加入：

“机工出版社·计算机分社书友会”

以书结缘，以书会友

加入“书友会”，您将：

★ 第一时间获知新书信息、了解作者动态；

★ 与书友们在线品书评书，谈天说地；

★ 受邀参与我社组织的各种沙龙活动，会员联谊；

★ 受邀参与我社作者和合作伙伴组织的各种技术培训和讲座；

★ 获得“书友达人”资格（积极参与互动交流活动的书友），参与每月 5 个名额的“书友试读赠阅”活动，获得最新出版精品图书 1 本。

如何加入“机工出版社·计算机分社书友会”

两步操作轻松加入书友会

Step1

访问以下任一网址：

★ 新浪官方微博：http://weibo.com/cmpjsj

★ 新浪官方博客：http://blog.sina.com.cn/cmpbookjsj

★ 腾讯官方微博：http://t.qq.com/jigongchubanshe

★ 腾讯官方博客：http://2399929378.qzone.qq.com

Step2

找到并点击调查问卷链接地址（通常位于置顶位置或公告栏），完整填写调查问卷即可。

联系方式

通信地址：北京市西城区百万庄大街 22 号
机械工业出版社计算机分社
邮政编码：100037

联系电话：010-88379741
传　　真：010-88379736
电子邮件：cmp_itbook@163.com

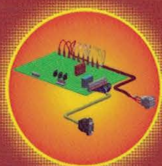
敬请关注我社官方微博： http://weibo.com/cmpjsj

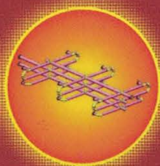
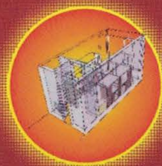
第一时间了解新书动态，获知书友会活动信息，与读者、作者、编辑们互动交流！

在线互动交流平台

官方微博：http://weibo.com/cmpjsj
官方博客：http://blog.sina.com.cn/cmpbookjsj
读者信箱：cmp_itbook@163.com

SolidWorks 2014 高级应用教程



SolidWorks系列
AutoCAD系列
Creo系列
UG系列
CATIA系列
MATLAB系列
ANSYS系列
Mastercam系列

SolidWorks系列已出版

- SolidWorks 2014 高级应用教程
- SolidWorks 2013机械设计从入门到精通 第2版
- 机械工程师之路 — SolidWorks 2013高手速成手册
- SolidWorks 2012中文版完全自学手册
- SolidWorks 2012中文版曲面•钣金•焊接设计完全自学手册
- SolidWorks 2012中文版机械设计完全自学手册
- SolidWorks 2011中文版数字样机技术及其应用实例（入门与提高）
- SolidWorks 2011机械设计完全实例教程
- SolidWorks 2010机械设计从入门到精通
- SolidWorks 工程制图与管路实例解析
- SolidWorks 2007 中文版模具设计

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 计算机/辅助设计

ISBN 978-7-111-46494-5

策划编辑◎ 张淑谦 / 封面设计◎



扫一扫加入微信公众平台
更多、更快获取最新图书资讯



ISBN 978-7-111-46494-5



定价:52.00元(含1DVD)